



Regione Toscana



VERSO LA STRATEGIA DI SPECIALIZZAZIONE INTELLIGENTE IN TOSCANA
2014 -2010
Documento del Polo di Innovazione per le Nanotecnologie NANOXM

Firenze, novembre 2013

Le ali alle tue idee

Sommario

PREMESSA.....	3
REPORT DI SINTESI	3
1. POSIZIONAMENTO INTERNAZIONALE.....	3
2. SWOT ANALYSIS DI COMPARTO	3
3. ELENCO ROADMAP	8
4. DESCRIZIONE DI SINTESI DI CIASCUNA ROADMAP.....	9
ROADMAP 1 - PIATTAFORMA INTEGRATA DI NANOMEDICINA.....	9
ROADMAP 2 - NANOMATERIALI PER IL MANIFATTURIERO E LA MECCANICA	12
ROADMAP 3 - CENTRI DI COMPETENZA PER IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO.....	15
ROADMAP 4 - PRODOTTI E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL NANO-BIOTECH	17
ROADMAP 5 - NANOMATERIALI E NANOTECNOLOGIE PER PRODOTTI AMATRICE POLIMERICA E PER INCAPSULAMENTO PRINCIPI ATTIVI	23
ROADMAP 6 - NANOREMEDIATION - SVILUPPO E PRODUZIONE DI NANOTECNOLOGIE ECO-COMPATIBILI ED ECO-SOSTENIBILI PER LA BONIFICA DI SUOLI ED ACQUE CONTAMINATI	27

Premessa

Il presente documento è finalizzato a fornire una rappresentazione di sintesi dei principali risultati delle elaborazioni fatte dal Polo di Innovazione per le Nanotecnologie NANOXM, in relazione alle opportunità di smart specialisation per la Toscana.

Anche in considerazione del processo di valutazione e confronto, effettuato nei mesi da luglio a settembre 2013 dalla Commissione di Valutazione nominata con DD n.2608/2013, per i dettagli di quanto espresso nel presente Report, il Polo di Innovazione per le Nanotecnologie NANOXM allega allo stesso il documento definitivo e completo di analisi e roadmap di smart specialisation, oltre che le metodologie, gli incontri effettuati e gli interlocutori coinvolti, secondo quanto previsto dall'Avviso approvato con DD n.186/2013.

Report di Sintesi

1. POSIZIONAMENTO INTERNAZIONALE

Contestualizzazione del comparto di riferimento nel panorama competitivo a livello internazionale

Le Nanotecnologie sono rami della scienza applicata e della tecnologia che si occupano del controllo della materia su scala dimensionale inferiore al micrometro, della progettazione e realizzazione di dispositivi su tale scala. **Con Nanotecnologie non si intende né un settore dell'industria o della produzione, né uno specifico mercato, bensì una tecnologia abilitante la cui importanza risiede principalmente nell'impatto che produce sui mercati ed in settori già consolidati dell'industria.**

Sul piano economico e dei sistemi di produzione, le Nanotecnologie rappresentano una delle KET (Key Enabling Technologies) comprese nella Comunicazione UE 512/2009 e ad oggi sono il motore dei più rilevanti progressi tecnici con ricadute economiche nei più diversi ambiti produttivi. Le potenzialità offerte dalle Nanotecnologie sono pressochè infinite: a livello molecolare, infatti, la materia mostra proprietà chimico-fisiche completamente diverse, consentendo la realizzazione di prodotti nanostrutturati innovativi ed estremamente efficaci, sia in settori altamente tecnologici ed in continua evoluzione, quali quelli della salute e del benessere, sia in settori tradizionali, come quello dell'edilizia o del manifatturiero, conferendo ai materiali originari proprietà e caratteristiche innovative atte a risolvere specifici problemi, rilanciare l'appetibilità del prodotto grazie a nuove funzionalità, favorire la creazione di nuovi prodotti: nuovi materiali, nano rivestimenti e vernici, nano particelle per la cosmetica, celle a combustibile, additivi per carburanti, membrane nanostrutturate per la purificazione di aria e acqua, nanosfere lubrificanti, sistemi di drug delivery e diagnostica, e così via per infinite possibili applicazioni. Per loro stessa natura dunque le nanotecnologie ricadono in un ambito di investigazione multidisciplinare, ed in chiave di rete dei Poli di Innovazione Regionali presentano frequenti intersezioni con altri settori quali Optoelettronica, Scienze della vita, Moda e Tessile, Energie Rinnovabili, Meccanica, Carta, Lapideo.

I "prodotti" nanotecnologici si distinguono generalmente secondo tre categorie di applicazioni:

1. **Nanomateriali:** sostanze su scala nanometrica che richiedono ulteriore elaborazione o l'aggiunta di altri materiali per raggiungere il fine applicativo per cui sono stati creati.
2. **Nanotools:** dispositivi che vengono utilizzati per manipolare o misurare oggetti o sostanze su scala nanometrica.
3. **Nanodispositivi:** dispositivi elettronici o elettromeccanici che interagiscono con l'ambiente a livello nanometrico per eseguire un compito specifico o scopo.

In termini di mercato, da un rapporto della agenzia americana BCC Research si evince che il mercato globale dei prodotti nanotech nel 2011 si è attestato sui 20.1 miliardi di dollari e 20.7 nel 2012 con una crescita stimata al 2017 ad un valore di 48.9 miliardi di dollari. Queste cifre includono sia applicazioni nanotecnologiche oramai ben consolidate sul mercato (es: film nanocatalitici per convertitori), sia nuove applicazioni, come nel caso dei trattamenti dei tessuti con nanoparticelle fino agli additivi nei carburanti per i missili o celle su scala nanometrica per memorie elettroniche. I nanomateriali, e particolarmente le nanoparticelle ed i films sottili, dominano il mercato 2011 delle nanotecnologie coprendone circa il 69.9% (14 miliardi di dollari), contro il 26.9% dei nanotool (6 miliardi) e lo 0.2% dei nanodevice (40 milioni).

Sul piano delle iniziative di finanziamento, circa 30 paesi, molti dei quali in Europa, stanno attivando azioni di supporto alla ricerca ed alla commercializzazione anche favorendo l'azione integrata di forme di finanziamento pubblico-private. Nel 2010 sono stati investiti a livello governativo circa 10 miliardi di

dollari, di cui 5 in Europa, 2.2 negli Stati Uniti, 1,2 in Cina, etc. Il Settimo Programma Quadro, infine, ha stanziato una media di circa 0,7 miliardi di dollari l'anno per programmi di ricerca nelle nanoscienze, nanotecnologie, e tecnologie per la produzione di nuovi materiali. In Europa, sono stati identificati oltre 240 centri di ricerca e 800 imprese private che sviluppano attività di R&D nelle nanotecnologie. L'Italia con circa 100 milioni di euro si colloca fra i paesi che hanno meno investito nel settore, ed incide per circa il 6% sui brevetti a titolarità di soggetti residenti nell'UE.

A fronte di una crescita esponenziale degli investimenti in ricerca e del mercato dei prodotti nanotecnologici – sia pure in un periodo di conclamata recessione e riduzione dei fondi disponibili nel settore pubblico e privato – sono tuttavia da confermare evidenti criticità sia sul piano della semplice conoscenza e conseguente permeazione delle nanotecnologie nei settori tradizionali dell'industria (potenzialità ed applicazioni sono in gran parte ancora misconosciute), sia sul piano della individuazione e quantificazione degli stessi prodotti o addirittura aziende che sviluppano o impiegano nanotecnologie. E' difficile ad esempio quantificare il numero d'impresе coinvolte a livello internazionale o locale nello sviluppo, produzione e vendita di prodotti o servizi nanotecnologici, né, tantomeno, i campi di applicazione delle nanotecnologie si possono circoscrivere in una categoria definita, come ad esempio con un particolare codice ATECO; infine, il settore medesimo delle nanotecnologie è di origine troppo recente ed il suo sviluppo ancora troppo rapido per essere incasellato adeguatamente in una delle griglie standard di statistiche. Tuttavia è possibile stimare in circa 1.500 il numero di imprese che attualmente, a livello globale, esprimono un dichiarato ed elevato livello di attività in ambito nanotecnologico di cui in maggioranza:

- sono piccole start-up ad elevato tasso di sviluppo,
- sono specializzate su nanomateriali,
- hanno sede negli Stati Uniti.

In chiave regionale, le nanotecnologie ed il relativo know-how risiede quasi esclusivamente presso centri di ricerca (Università, CNR) e un certo numero di laboratori pubblici e privati: da una recente indagine condotta dall'AIRI la Toscana risulta essere la 6° regione in Italia per concentrazione di soggetti pubblici e privati operanti nelle nanotecnologie.

Tuttavia, pur non esistendo un comparto industriale classificabile come "nanotech", ovvero completamente votato ad una produzione di prodotti nanotecnologici o nanomateriali, è esponenziale la crescita di interesse e la progressiva permeazione delle nanotecnologie in numerosissimi settori della produzione regionale, sia tradizionali (quali Manifatturiero, Meccanica, Tessile, Lapideo, Artigianato, Edilizia con applicazioni legate prevalentemente al mondo dei Nanomateriali), sia avanzati (Lifesciences, Farmaceutica, Energie ed Efficienza Energetica, ICT e Robotica, Fotonica) sia trasversali e coerenti con le nuove sfide della comunità Europea rivolta alla crescita sostenibile ed alla salvaguardia dell'ambiente (Monitoraggio Ambientale, Depurazione, Eco-edilizia).

Il rapido progredire dell'informazione e della conoscenza sul tema sta dunque favorendo una nuova autoconsapevolezza trasversale di essere potenziali end-user delle nanotecnologie. In altre parole per quanto ciascun imprenditore abbia ben chiaro quelli che saranno gli sviluppi nel proprio settore di produzione, sono sempre di più coloro che riescono oggi a farlo anche "con gli occhiali delle nanotecnologie", intuendone le enormi potenzialità.

Uno dei settori di applicazione più concreti emersi dall'indagine effettuata in Toscana è sicuramente quello della **nanomedicina**, nel quale ormai decine di migliaia di ricercatori nel mondo stanno operando; un settore dove vi è forte attenzione sia da parte delle compagnie farmaceutiche e di strumentazione medica e dove vi sono delle grandi aspettative da un punto di vista dei possibili e forti miglioramenti ottenibili in campo medico. Sono infatti già stati raggiunti progressi enormi nella medicina rigenerativa, nei settore dei medical device, e vi sono grandi attese per sistemi diagnostici e per la cura di malattie quali, e non solo, i tumori. In quest'ultimo caso il passaggio dal trattare l'intero corpo umano con una terapia fortemente aggressiva a localizzare la stessa solo sui centri ed agenti patogeni, produrrà un miglioramento sostanziale del benessere dell'essere umano oltre ad aumentare le possibilità di successo e diminuire i costi della sanità. Per contro, alla ormai acclarata concretezza delle potenzialità anche industriali del settore della nanomedicina, si contrappone il problema legato allo sviluppo di prodotti e tecnologie mirate all'uso degli stessi sull'essere umano, per cui sono richieste sperimentazioni estremamente lunghe e costi altissimi prima di arrivare ad un nuovo prodotto su banco od alla commercializzazione di un nuovo device biomedico. Proprio per questo viene vista come fondamentale la creazione di un **centro di competenze** nel settore della nanomedicina e la creazione

di una filiera lunga che comprenda dai ricercatori nanotech con competenze chimiche e fisiche fino alle cliniche ospedaliere, con il coinvolgimento sia della sanità pubblica che, possibilmente, di aziende farmaceutiche o di produzione di strumenti medici.

E' inoltre chiaramente emerso che vi sono forti aspettative e molte richieste da parte delle aziende di essere supportate nello sviluppo di prodotti con prestazioni avanzate ottenuti da **materiali nanometrici** (nanostrutturati, nanofunzionalizzati, coating, ..) e tecniche operanti in quella dimensione di scala, così come è chiara alle aziende le potenzialità di un'analisi che si effettui a livello nanometrico, in quanto a questo livello si è alla risoluzione ultima della scala dei materiali, per cui omogeneità, caratteristiche, modificazioni, difetti risultano generalmente leggibili. Da questa esigenza condivisa nasce una forte richiesta di creazione di grossi centri di competenze aggreganti la base accademica ma aperti ed indirizzati alle esigenze dello sviluppo industriale, dove le conoscenze d'avanguardia presenti in Toscana all'interno dell'accademia vengano messe al servizio delle aziende, molte delle quali hanno una dimensione troppo piccola per poter sviluppare in proprio né questo tipo di ricerca, né direttamente un'applicazione della stessa.

E' importante sottolineare ancora una volta come queste aspettative provengano dai più diversi settori produttivi, a conferma della trasversalità delle applicazioni possibili con le nanotecnologie. Se così da un certo punto di vista è difficile focalizzare un intervento specifico in un ambito industriale preciso è chiaro come debba essere supportato la possibilità di sviluppare nanotecnologie e di produrre e studiare nuovi nanomateriali, in quanto le ricadute di questi sforzi abbraccia i settori più diversi, così come una stessa tecnica o uno stesso materiale può avere applicazioni in ambiti industriali molto differenti tra loro. Questa strada è stata seguita in molti dei paesi più sviluppati sia Europei che extra-Europei, dove forti investimenti sono stati fatti per supportare la ricerca sui nanomateriali e sulle nanotecnologie mediante lo sviluppo di grandi centri di competenze dedicati all'appoggio all'industria ed al trasferimento tecnologico.

2. SWOT ANALYSIS DI COMPARTO

Viene di seguito fornita invece una analisi di tipo SWOT relativa al settore delle Nanotecnologie.

L'analisi è stata realizzata con il contributo di tutti i soggetti partecipanti all'indagine, reso sia mediante restituzione della scheda/questionario che nel dibattito che lo ha anticipato.

SETTORE NANOTECNOLOGIE	
PUNTI DI FORZA (in relazione allo stato attuale)	PUNTI DI DEBOLEZZA (in relazione allo stato attuale)
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Forti potenzialità di sviluppo del settore ed evidenza riconosciuta (ma non ancora ben comunicata) dei vantaggi competitivi rispetto a processi tradizionali ➤ Ampie possibilità di applicazione delle Nanotecnologie e alto tasso di innovazione di prodotto e di processo a seguito della loro applicazione ➤ Key Enabling Technologies riconosciute dalla CE ➤ Forte "curiosità" sul tema da parte delle PMI ➤ Alto livello di customizzazione delle nanotecnologie alle esigenze del cliente ➤ Presenza di gruppi di ricerca altamente qualificati e caratura internazionale negli atenei e nei centri di ricerca toscani ➤ Presenza in Regione Toscana di una grande rete di Università, Laboratori di ricerca, Enti di 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Scarso livello di conoscenza e informazione: ancora deboli i canali di dialogo tra ricerca e piccola e media impresa ➤ Settore molto innovativo senza un background consolidato su cui fare leva in fase di start-up ➤ Poca comunicazione e condivisione di esperienze ed opportunità applicative tra accademia ed industria ➤ Carenze di attrezzature e facilities d'avanguardia per attività sperimentali avanzate ➤ Scarsità di investimenti privati diretti in attività di ricerca ➤ Adesioni al Polo ancora non coprono a sufficienza tutti i principali settori di applicazione ➤ Necessità di trovare un linguaggio comune fra

<p>ricerca, poli di innovazione ed incubatori.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Presenza di competenze di alto livello nel settore, con laboratori già funzionanti anche se non in rete. ➤ Partecipazione attiva ed organizzata nel Polo NANOXM ➤ Collaborazioni già avviate con successo fra enti di ricerca e realtà produttive in settori di applicazione differenti ➤ Presenza di piccole e medie aziende che possono investire nel settore ed innovare senza stravolgere la loro produzione. ➤ Sensibilità delle politiche regionali sul trasferimento tecnologico, tema chiave per l'integrazione delle nanotecnologie e, in generale, delle tecnologie abilitanti, nei sistemi di produzione. ➤ Interdisciplinarietà dei gruppi di ricerca operanti in diversi settori e capacità nascente di approccio olistico ai temi proposti dagli imprenditori ➤ Elevato tasso di concretezza nelle azioni di trasferimento tecnologico ➤ Settore "Nuovi materiali e nanomateriali": <ul style="list-style-type: none"> - Presenza di competenze sul territorio - Consolidata esperienza in determinati campi di applicazione industriale (tessile, vetro, ceramica, metalli etc) ➤ Settore "Lifesciences": <ul style="list-style-type: none"> - Conoscenze a 360° presenti sul territorio toscano - Presenza di grandi imprese che operano nel settore dei farmaci - Stato avanzato per lo sviluppo di uno o più progetti integrati nel settore drug delivery con impiego di nanoparticelle - Impiego di nano materiali in nuovi radiofarmaci - Buon livello di integrazione fra produttori di nano materiali e utilizzatori in ambito biomedico - Il settore Nanobiotech vede ancora una prevalenza in termini di ricerca e competenze dell'Europa rispetto ai paesi dell'Est 	<p>impresa e centri di ricerca e capire quali prodotti delle nanotecnologie sono maturi per lo sviluppo su scala industriale</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tempi di intervento delle politiche regionali e partenza dei finanziamenti relativi troppo lunghi sulla scala dei tempi necessaria a risolvere la crisi economica e la necessità di innovazione. ➤ Scarsi finanziamenti nazionali alla ricerca e alle aziende che investono in innovazione. ➤ Arretratezza del sistema produttivo tradizionale, poco incline a investire in R&S: limitato numero progetti di collaborazione con imprese del settore. ➤ Dispersione delle risorse economiche ed umane a causa della elevata differenziazione tra i campi di interesse. ➤ Carenza di aziende che operano nel settore delle nanotecnologie ➤ Finanziamenti non adeguati ➤ Massa critica necessaria per l'avvio di una attività solida dal punto di vista economico non ancora raggiunta ➤ Poca propensione a investimenti high-risk ma high-value-return ➤ Tempi di intervento delle politiche regionali e partenza dei finanziamenti relativi troppo lunghi sulla scala dei tempi necessaria a risolvere la crisi economica e la necessità di innovazione. ➤ Progressiva riduzione delle risorse finanziarie e di personale ➤ Difficoltà nell'essere aggiornati sulle applicazioni sviluppate ➤ Scarsa credibilità sul piano internazionale degli interlocutori pubblici, troppo frazionati e litigiosi ➤ Mancato riconoscimento del valore aggiunto sul mercato dei nano e nuovi materiali ➤ Permanenza di sistemi produttivi fortemente conservatori, che si mettono in rete con grossa difficoltà ➤ Settore "Lifesciences": <ul style="list-style-type: none"> - Mancanza di una strategia pubblica per lo sfruttamento delle conoscenza - Grossi competitor a livello mondiale supportati da investimenti pubblici ➤ Percorso di validazione di nuovi farmaci estremamente lungo
---	---

OPPORTUNITÀ (in relazione al periodo 2014-2020) <u>Ad esempio:</u>	MINACCE (in relazione al periodo 2014-2020) <u>Ad esempio:</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Dinamiche legate alla fornitura e all'import - Dinamiche legate ai mercati di destinazione e all'export 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemi produttivi (imprese) concorrenti diretti - Sistemi produttivi (imprese) configurabili come concorrenti potenziali - Sistemi produttivi (imprese) configurabili come produttori di beni sostitutivi
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elevate opportunità di sviluppo di prodotti innovativi in tutti i settori di produzione ➤ Possibilità di aumentare la conoscenza e la qualificazione del personale aziendale con azioni di disseminazione e formazione ➤ Uscita dall'attuale periodo di crisi grazie agli investimenti in KET in grado di fornire una reale spinta di innovazione di prodotto e processo ➤ Integrazione dei cluster d'area in un distretto regionale con la gestione del Polo NANOXM ➤ Definizione delle strategie regionali con programmazione di medio/lungo periodo ➤ Individuare imprese leader in grado di fungere da traino per l'integrazione delle nanotecnologie nei processi produttivi di altre PMI ➤ Investire in settori, ricerca e prodotti, oggi di nicchia, che domani potrebbero fare la differenza ➤ Possibilità di attuare micro e macro investimenti (target di breve, medio e lungo periodo) ➤ Sostegno alla realizzazione di prodotti ad elevato valore aggiunto ➤ Creazione di relazioni dirette con aree produttive in espansione ➤ Creazione di Start-up altamente innovative ➤ Esportazione di prodotti tecnologici difficilmente imitabili ➤ Farsi trovare pronti alle future richieste del mercato ➤ Rivalutazione di settori di produzione altrimenti "decotti" ➤ Richiesta di nanotecnologie applicate alla medicina nell'ottica del contenimento della spesa sanitaria ➤ Presenza di molti end-user dei prodotti del settore (auto motive, elettrodomestici, computer, etc.), comprese PMI che possono 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Globalizzazione di sistemi produttivi integrati ad alto livello tecnologico ➤ Maggiore economicità competitor esteri ➤ Tempi elevati di erogazione del servizio ➤ Confusione fra le pressoché infinite possibili applicazioni ➤ L'attuale periodo di crisi economica può ridurre la propensione agli investimenti da parte delle PMI (soprattutto nei settori tradizionali) e grandi investitori ➤ Non adeguata espansione della richiesta di materiali a base di composti metallici nano strutturati. ➤ Concorrenza di produttori di beni sostitutivi ➤ Concorrenza sleale dei paesi emergenti ➤ Crisi che disincentiva l'interesse e la volontà dell'impresa ad investire in ricerca per innovarsi e rimanere competitiva ➤ Rapido sviluppo delle imprese concorrenti a livello internazionale ➤ Notevolissimi investimenti effettuati altrove nel settore : pubblici in alcuni paesi europei e privati/pubblici nel sud-est asiatico. ➤ Permanenza di certe resistenze strutturali a collaborazioni effettive tra Università e mondo produttivo ➤ Tendenza generalizzata ad importare tecnologie "facili" e a non svilupparne di proprie ed esportabili ➤ Inadeguatezza nella valutazione e gestione rischi legati alle nanotecnologie ➤ Lacune normative ➤ Rischio di fuga delle imprese innovative di maggior appeal internazionale con ri-localizzazione in aree che offrono condizioni ambientali, fiscali e finanziarie di maggior interesse ➤ Rischio di interventi inefficaci se non integrati e determinati in piani strategici pluriennali

<p>beneficiare di studi di caratterizzazione od offerte alternative di prodotti.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Opportunità per PMI di investire nel settore purché sostenute tecnologicamente da un Centro di Competenze. ➤ Situazione internazionale critica nel mercato delle Terre Rare, principale componente dei magneti tradizionali, il che genera spazio ed occasioni per la creazione di prodotti alternativi. ➤ Assenza in Toscana e Italia di aziende che producano magneti e sistemi magnetici ➤ Utilizzo di sistemi magnetici nano-strutturati per alcuni importanti settore della nano-medicina (diagnostica, drug delivery, ipertermia) ➤ È prevedibile una forte espansione del mercato dei sensori e dei trasduttori per applicazioni mobili e wearable (in cui la natura flessibile del grafene e di altri nanomateriali può giocare un ruolo importante). ➤ Diretto coinvolgimento delle Università toscane nei sistemi produttivi ➤ Sistema decisionale partecipativo da parte della Regione sugli investimenti da fare, con il coinvolgimento diretto del mondo produttivo. ➤ Elevata sostenibilità ambientale della produzione ➤ Sviluppo di tecnologie esportabili ➤ Rilevanti ricadute occupazionali ➤ Importanti opportunità di formazione e diffusione delle competenze ➤ Supporto alle dinamiche per il rafforzamento dei cluster di produzione esistenti e per la loro internazionalizzazione ➤ Crescita degli investimenti in R&D&innovazione ➤ Possibilità di innovazione del prodotto con notevoli ricadute commerciali. Sviluppo di prodotti unici (privi di concorrenti) ➤ Possibilità di utilizzare materiali più facilmente reperibili e meno impattanti sull'ambiente ➤ Settore "Nuovi materiali e nanomateriali": <ul style="list-style-type: none"> - Necessità di lavorare con sospensioni diluite che obbligano alla filiera corta: opportunità per siti produttivi italiani - Possibilità di produrre in facilities riqualificate laddove si è perso la produzione tradizionale ➤ Settore "Lifesciences": <ul style="list-style-type: none"> - Disponibilità della RT a valutare una 	<p>coordinati tra i diversi stakeholders politici ed economici del territorio</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nascita di imprese concorrenti che possano più facilmente beneficiare degli sviluppi tecnologici ed applicativi grazie al più facile accesso alla ricerca ed al sostegno finanziario pubblico e al credito per progetti innovativi ➤ Concorrenti con prodotti diversi, ma sistemi produttivi a basso costo che alterano la percezione del bisogno di quel prodotto ➤ Scarsa credibilità sul piano internazionale degli interlocutori pubblici, ➤ Azioni di influenza del "sentiment" sul mercato internazionale a scapito del prodotto toscano ➤ Settore "Nuovi materiali e nanomateriali": <ul style="list-style-type: none"> - Quadro normativo ancora in evoluzione - Mancanza di competenze mirate nei settori commerciali ed assistenza clienti - Quasi totale assenza in Toscana ed in Italia di aziende che producano magneti, sistemi magnetici e dispositivi ➤ Settore "Lifesciences": <ul style="list-style-type: none"> - Processi lunghi e con burocrazie istituzionali complesse - Dimensione delle aziende/spin off operanti nel settore
--	--

<p>piattaforma della salute basata su nanotecnologie</p> <ul style="list-style-type: none">- Presenza sul territorio di realtà pronte per operare- Sviluppo nuovi prodotti nella diagnostica per immagini per mercato globale	
--	--

3. ELENCO ROADMAP

NOTA – Sono di seguito riassunte e riportate solo le roadmap che nella attività di analisi hanno conseguito le priorità di maggiore livello

Roadmap	Ordine di priorità	Tecnologia implementata	Settore/ambito di applicazione	Ambito tematico di riferimento ¹
(titolo)	(scala 1-5)			(5 ambiti tematici del documento regionale)
1. PIATTAFORMA INTEGRATA NANOMEDICINA	5 Vedi nota	Nanotecnologie	Lifesciences, Optoelettronica	Ricerca e capitale umano (Smart Manufacturing)
2. NANOMATERIALI PER IL MANIFATTURIERO E LA MECCANICA	5 Vedi nota	Nanotecnologie	Manifatturiero, Meccanica	Smart Manufacturing (Ricerca e capitale umano, Energia e Ambiente)
3. CENTRI DI COMPETENZA PER TRASFERIMENTO NANOTECNOLOGICO	5 Vedi nota	Nanotecnologie	Vari	Ricerca e capitale umano
4. PRODOTTI E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL NANO-BIOTECH	5 Vedi nota	Nanotecnologie	Bioteχνologie, Lifesciences	Smart Manufacturing (Ricerca e capitale umano)
5. NANOMATERIALI E NANOTECNOLOGIE PER PRODOTTI A MATRICE POLIMERICA E PER INCAPSULAMENTO PRINCIPI ATTIVI	5 Vedi nota	Nanotecnologie	Lifesciences, Alimentari, Cosmetica	Smart Manufacturing (Ricerca e capitale umano)
6. NANOREMEDIATION- NANOTECNOLOGIE ECO-COMPATIBILI ED ECO-SOSTENIBILI PER LA BONIFICA DI SUOLI ED ACQUE CONTAMINATI	4 Vedi nota	Nanotecnologie	Ambiente, Fabbrica Intelligente	Energia e Ambiente (Smart Manufacturing, Ricerca e capitale umano, Territori intelligenti)

¹ In caso di più ambiti tematici indicare quali ed il prevalente.

4. DESCRIZIONE DI SINTESI DI CIASCUNA ROADMAP

ROADMAP 1 - PIATTAFORMA INTEGRATA DI NANOMEDICINA

Descrizione

Nella descrizione della roadmap devono essere esplicitate le criticità/opportunità specifiche del comparto produttivo, indicando le possibili soluzioni ed ambiti di intervento. In particolare, laddove rilevanti, dovranno essere specificati:

- *gli aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;*
- *gli aspetti di innovazione organizzativa e di processo;*
- *gli aspetti governance territoriale;*
- *gli aspetti infrastrutturali;*
- *gli aspetti normativi.*

Creazione di una piattaforma coordinata e integrata di nanomedicina comprendente ricerca pubblica, sanità pubblica ed industria.

Sviluppo di una **Piattaforma Integrata di nano medicina** che raccolga le competenze di chimici, fisici, biologi, biomedici, farmacologi, farmaceutici, tossicologi, medici oncologi e clinici, necessarie al completamento della filiera per arrivare ai rivoluzionari prodotti che questa nuova branca scientifico-medica può produrre.

Tale Piattaforma ha come obiettivo la formazione e consolidamento di una rete che raccolga ed integri tutte le esperienze per competere a livello regionale nel settore dei materiali smart per applicazioni tecnologiche biomedicale con trasferimento verso il mondo industriale ed ospedaliero con l'obiettivo di sviluppare nuovi prodotti, dispositivi, produzioni, farmaci e terapie innovative, con un evidente miglioramento della rete produttiva toscana e della qualità della vita (grazie all'aumentata biocompatibilità degli impianti e alla loro prolungata bioattività ed importanti). Il successo di tale iniziativa porta anche riduzione della spesa sanitaria, aumento dell'occupazione e sviluppo di nuove imprese e, più in generale, aumento della competitività e crescita globale del territorio nonché del benessere della popolazione. La Piattaforma sicuramente agirà in modo positivo sul rafforzamento della parte terminale della filiera Ricerca-Prodotto nella parte finale dove vengono incontrate le maggiori difficoltà, in generale in tutti i settori, ma soprattutto nel medicale per gli alti costi ed i lunghi tempi necessari lavorando nel campo della salute. Altro obiettivo atteso è il miglioramento dell'efficacia terapeutica in applicazioni cliniche specifiche

Aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;

- Avanzamento nello sviluppo di costrutti nanoparticellari per diagnostica per immagini, metodi e prodotti;
- Avanzamento della produzione di avanguardia di:
 - o *Sistemi di drug delivery e di sistemi di diagnostica nanostrutturati per utilizzo a scopo diagnostico/terapeutico;*
 - o *Materiali nanostrutturati con elevate caratteristiche biomimetiche per la sostituzione/rigenerazione di organi e tessuti;*
 - o *Scaffold biomimetici/biorisorbibili per l'ottimizzazione della ricrescita tissutale (in particolare di nervi periferici), per il rilascio di farmaci specificatamente nel sito di lesione o in specifici organi target e per lo studio in vitro di sistemi cellulari complessi (ad es. modelli neuronali) o di meccanismi patologici utilizzabili ad esempio nell'ambito dell'industria farmaceutica o dei test ambientali;*
 - o *Materiali nanostrutturati con elevata bioattività ed efficacia terapeutica;*
 - o *Test in vitro in grado di predire il comportamento in vivo degli "smartnanomaterials". Test in vitro ed in vivo atti a valutare la tossicità, biocompatibilità, efficacia, farmaco-cinetica e bio-distribuzione, di nanosistemi teranostici innovativi e la loro successiva validazione in test clinici.*
 - o *Tessuti nanofunzionalizzati antibatterici, autopulenti e/o in grado di rilasciare principi medicinali in dosi controllate; Tessuti nanofunzionalizzati in grado di filtrare sostanze inquinanti e/o tossiche. •*
 - o *Metodiche di imaging ad alta risoluzione spazio-temporale e ad alta sensibilità per la rilevazione del segnale e/o dell'attività della molecola di interesse nel campione biologico,*

fino al livello di singola molecola/ singolo evento; protocollo per il trattamento di cellule tumorali tramite ipertermia magnetica;

- Dispositivi Lab-on-chip modulari per analisi chimica high-throughput e per la diagnostica altamente miniaturizzati, completamente portabili, con alimentazione a batteria.

In alcuni di questi settori si può arrivare ad avere una larga produzione di materiali nanostrutturati e/o a basso impatto ambientale scelti per la criticità nei campi della nano-medicina, ambiente e/o energia e in particolar modo per la loro potenziale efficacia ed una larga disponibilità commerciale di nanomateriali e/o a basso impatto ambientale selezionati già pronti all'impiego nei campi della nano-medicina, ambiente e/o energia

Aspetti di innovazione organizzativa e di processo;

- Avviamento di un percorso formativo per giovani ricercatori che, pur mantenendo le singole specificità, abbiano gli strumenti necessari per muoversi in un settore di natura fortemente interdisciplinare con la creazione di figure a professionalità estremamente alta, molto ricercate nel campo dell'industria d'avanguardia e necessarie a mantenere alta la competitività in un settore strategico in sicura forte espansione. Apertura della conoscenza e della professionalità medica allo sfruttamento delle nuove tecnologie e nuovi materiali.

Aspetti governance territoriale;

- Sostegno all'acquisizione e formazione di personale specializzato e con nuove competenze interdisciplinari qualificate per lavorare nel campo dei materiali smart nanostrutturati e delle nanotecnologie applicate, di tecniche di indagine ottica ed elettronica nell'ambito dei dispositivi elettronici avanzati, di personale specializzato e con nuove competenze interdisciplinari qualificate per lavorare nel campo della nano medicina, da inserire successivamente in strutture pubbliche o private. Incentivi finanziari e fiscali che favoriscano l'occupazione di giovani tecnici e ricercatori universitari e che supportino l'attività strategica.

- Promozione della committenza privata sull'attività dei Poli Regionali dell'Optoelettronica, della Salute e delle Nanotecnologie. Lancio di Bando Regionale tipo POR-Creo 2007/13 e successive emanazioni per il periodo 2014-2020 correttamente indirizzato per rafforzare la creazione di struttura e ricerca di avanguardia che uniscano ricerca pubblica ed aziende private, le ASL per la parte ambientale, le strutture ospedaliere per la parte biomedicale, con una quota del finanziamento da spendere obbligatoriamente per servizi offerti dai Poli.

- Finanziamenti nell'ambito di progetti di ricerca sia di base che di sviluppo preclinico. Finanziamenti adeguati, particolarmente per quanto riguarda la parte di validazione clinica. Creazione di infrastrutture o servizi per la valutazione dell'impatto di mercato dei nuovi prodotti sviluppati. Politiche di sostegno ad istituti di sanità e ospedali disponibili alla sperimentazione clinica necessaria sui prodotti della ricerca. Creazione di strumenti per la generazione di impresa anche con iniziative per semplificare l'accesso al credito.

Aspetti infrastrutturali;

- Sostegno finanziario finalizzato allo sviluppo di innovazione tecnologica mediante la creazione delle infrastrutture necessarie alla nascita di una Piattaforma regionale con uno o più laboratori integrati atti a sviluppare: nano sensori e biosensori, bio-materiali nano strutturati, materiali magnetici classici e nano strutturati. Laboratori per la caratterizzazione morfologica e funzionale di sistemi nanometrici, per la sintesi e caratterizzazione chimica e fisica e biologica di materiali e nanomateriali, per la progettazione e modellizzazione di dispositivi biomedici, per sperimentazioni precliniche dotati di idonei modelli animali e tecnologie all'avanguardia per i test predittivi in vitro secondo le norme ISO, per la sperimentazione clinica, per lo sviluppo di radiofarmaci basati su nano particelle che sia GLP/GMP compliance, laboratorio per lo sviluppo dello scale-up e dello studio dell'impatto ambientale dei nuovi nanomateriali, strutture di prototipazione e validazione. Alcuni di questi laboratori esistono già sul territorio toscano, sia nel mondo accademico che in quello clinico, si tratterà quindi di metterli in rete mediante la Piattaforma, mentre altri, di uso multiplo e connettivi andranno creati. . Una tale Piattaforma garantirà l'accesso da parte delle imprese alla strumentazione allo stato dell'arte necessaria alla caratterizzazione e validazione dei dispositivi e dei materiali sviluppati, così come alla pletora di competenze necessarie per fare innovazione tecnologica e di prodotto in campo biomedicale.

Aspetti normativi

- Copertura regolatoria per il corretto svolgimento delle attività di ricerca, sperimentazione produzione ed l'immissione nel mercato di prodotti biomedici nanometrici. Più in dettaglio si attende come out come la definizione di linee guida e normative per la produzione, packaging, trasporto, uso e smaltimento di materiali nano strutturati, con un forte impatto: a) sulla sicurezza degli operatori e sul Life Cycle Assessment (LCA) di questi materiali; b) sull'assessment dell'inquinamento ambientale; c) sulla realizzazione di metodologie analitiche e sensori innovativi per la diagnostica ambientale. Tutto questo si riverserà sulla possibilità di produrre e commercializzare prodotti contenenti nano materiali che rispettino la sicurezza dei lavoratori e della popolazione. Si avrà inoltre formazione di personale specializzato per la definizione del LCA dei materiali nanostrutturati con la creazione di nuove figure professionali e nuovi posti di lavoro.

Inoltre, per arrivare all'applicazione industriale nello specifico campo biomedico di nano-vettori e sensori è indispensabile che la Regione metta in atto in breve tempo azioni legate all'ottenimento delle autorizzazioni necessarie per l'utilizzo di prodotti nanostrutturati in ambito medico. A tale fine sarà sicuramente auspicabile il coinvolgimento degli stakeholder regionali quali, ad esempio, il Polo Life-science e l'industria farmaceutica.

Tempistica e target attesi

Oltre a tempistica e target, specificare milestone interne, se presenti

2014-2015

- Organizzazione e messa in rete dei laboratori accademici e clinici toscani. Nasce l'idea di piattaforma
- Identificazione e selezione dei principali campi di applicazione e di sviluppo (tumori, malattie cardiovascolari, malattie metaboliche croniche e obesità, trapianti d'organo e tessuto, malattie infettive e infiammatorie, malattie – neurodegenerative, etc.).
- Identificazione e sviluppo della nanotecnologia più adeguata alla risoluzione dei problemi clinici e patologie selezionati.
- Inizio degli studi sulle metodologie di sviluppo dei nanomateriali e definizione delle loro proprietà biomimetiche e bioattive.

2016-2017:

- Piena operatività della piattaforma.
- Sviluppo e certificazione di nuovi test in vitro per la predizione della performance in vivo dei nano materiali
-
- Operatività nell'erogazione servizi sia nella fase di ricerca sperimentale che di disponibilità verso le aziende.
- Ottenimento della proof of concept in alcune delle ricerche sviluppate.
- Definizione dei test in vivo su idonei modelli animali .
- Inizio della la fase di sviluppo pre-clinico, regolatorio dei sistemi più avanzati.

2018-2020

- Operatività di progetti interni misti tra accademia-industria.
- Studi di scale-up.
- Piena auto-sostenibilità economica dei Centri.
- Sperimentazione clinica dei sistemi più avanzati.

Possibili sinergie con altri Poli di Innovazione

Specificare il tipo di sinergia che può instaurarsi, le possibili complementarità settoriali e le opportunità di R&S congiunta e/o trasferimento tecnologico

La piattaforma è concepita come il centro di coordinamento e di unione di tre Poli, oltre al Nano quelli delle Life Sciences e dell'Optoelettronica. Infatti fortissime sinergie sono previste tra questi tre attori regionali. Si potrebbe forse dire che più che sinergie si tratta di un percorso comune dove, a grandi linee ma non assolutamente a comparti, il Polo Nano ha una predominanza di expertise su nanomateriali e tecniche per produrli, così come sulla progettazione e costruzione di nanodevices basati su principi chimici e fisici, il Polo Opto-elettronica copre la parte di applicazioni di radiazioni luminose, con particolare attenzione ai laser, sia come diagnostica che come aspetti curativi (in questo campo sfruttando nanomateriali foto-sensibili). Il Polo Life Sciences copre invece più l'aspetto bio nella fase iniziale dello sviluppo, ovvero biocompatibilità, bio-risposta, tossicità, e la parte di trials ed applicativa di materiali, prodotti, devices e tecniche per la parte clinica e per la parte di sfruttamento commerciale di quanto prodotto.

ROADMAP 2 - NANOMATERIALI PER IL MANIFATTURIERO E LA MECCANICA

Descrizione

Nella descrizione della roadmap devono essere esplicitate le criticità/opportunità specifiche del comparto produttivo, indicando le possibili soluzioni ed ambiti di intervento. In particolare, laddove rilevanti, dovranno essere specificati:

- *gli aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;*
- *gli aspetti di innovazione organizzativa e di processo;*
- *gli aspetti governance territoriale;*
- *gli aspetti infrastrutturali;*
- *gli aspetti normativi.*

Le nanotecnologie sono una scienza per sua natura interdisciplinare che allarga sempre di più i campi in cui interviene e che ha impatto in ambiti disparati pervadendo pressoché ogni settore tecnologico. Nonostante la vastità delle possibili applicazioni, l'analisi dei target proposti dai partecipanti al presente studio ha permesso di individuare alcuni macro-target che possono essere sviluppati nell'ambito delle Smart Manufacturing: essi sono in grado di rappresentare un punto di forza della Regione e, attraverso interventi mirati, possono sia costituire fattore caratterizzante della Toscana nei confronti delle altre regioni europee, sia produrre un significativo vantaggio competitivo in termini di innovazione di prodotto e di processo anche presso le GI e PMI che operano secondo canoni produttivi convenzionali.

A titolo di esempio si riportano qua sotto alcuni target di intervento diversificati che includono applicazioni che portano a prodotti avanzati e tecnologie d'avanguardia quali: sistemi e dispositivi in grafene, nanofili di semiconduttori, dispositivi ibridi superconduttore/metallo materiali autoriparanti, compositi nanostrutturati a matrice polimerica, applicazione della tecnologia del terahertz, molti dei quali particolarmente adatti per lo sviluppo di nanosensori per l'ambiente e la salute; materiali nanostrutturati per generatori termoelettrici o per ricoprimenti di turbine; materiali nano strutturati per applicazione in celle solari., polimeri termoplastici, biopolimeri, micro refrigeratori, sonde SERS per il monitoraggio ambientale, la diagnostica medica ed i controlli alimentari antisofisticazione; materiali nanostrutturati con elevate capacità catalitiche, di separazione, e con caratteristiche autopulenti, autoriparanti, a memoria di forma, e così via.

E' pertanto evidente che è proprio nei **settori tradizionali**, tipici dell'economia regionale, quali il Manifatturiero (nella sua accezione più estesa) e la Meccanica, è possibile immaginare applicazioni nanotecnologiche allo scopo di funzionalizzare i materiali e le superfici metalliche per l'ottenimento di caratteristiche particolari e prodotti innovativi da lanciare sui mercati.

La priorità verte pertanto sullo sviluppo di **nanomateriali, nanopolveri e coating** per l'ottenimento di nuove funzionalità nei materiali tradizionali (e non) e delle superfici; essa comprende la ricerca e lo sviluppo di prodotti e tecnologie di sistemi e materiali di avanguardia per il loro immediato lancio industriale.

Aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;

- Avanzamento nello sviluppo di costrutti nanoparticellari per Manifatturiero e Meccanica: in tale ottica vengono innestate in settori non sempre innovativi per tradizione, tecnologie e processi in grado di produrre una reale innovazione di prodotto.
- Avanzamento della produzione di avanguardia di (esempi):

- nano particelle metalliche , omo- ed etero nucleari , di dimensioni programmabili, per il settore dell'energia, per lo smart-textile, per il medicale in particolare nel settore della teranostica;
- nanosensori in silicio per l'ambiente e la salute;
- materiali nanostrutturati per generatori termoelettrici ad alta efficienza;
- grafene, nanofili semiconduttori, dispositivi ibridi;
- ciclo di vita dei materiali compositi nanostrutturati a matrice polimerica;
- materiali autoriparanti;
- sorgenti Terahertz a cascata quantica per nuova generazione laser per applicazioni fotoniche e bio-e rivelatori elettronici nano strutturati;
- sviluppo di materiali ad aumentata capacità catalitica per l'industria alimentare e dei biocarburanti;
- sviluppo di metodologie sintetiche per la produzione su larga scala di materiali nanostrutturati;
- sviluppo smarttextiles avanzati per applicazioni speciali (es: biomedicale e sicurezza);
- trattamento delle superfici metalliche (resistenza a usura, abrasione, corrosione e ossidazione ad elevata temperatura);
- tecnologia per tessuti e plastiche trattati con nano particelle TiO₂;

Nel settore della Meccanica i nanomateriali devono essere producibili su scala industriale direttamente in sospensione acquosa o di solvente compatibile con l'ambiente (ad es glicole) idonee per essere già introdotti nei cicli di trattamento di superfici (coating). Le superfici di riferimento sono quelle di metallo (acciaio, bronzo, acciaio verniciato, superleghe, leghe leggere), tessili (tessuti e filati), ceramica, vetro e plastica. In dipendenza dal tipo di nanomateriale sarà possibile conferire alle superfici caratteristiche nuove o incrementali rispetto alle esistenti fra cui: autopulenza, antibattericità, antismog, IR riflettenti, incremento di resistenza al graffio, all'attacco acido base, all'attacco di agenti aggressivi atmosferici (simulabili in camere a nebbia salina) ed alla corrosione ed ossidazione ad alta temperatura (tipiche dei turbogeneratori per impianti di terra e dei motori aeronautici).

Aspetti di innovazione organizzativa e di processo;

- Avviamento di percorsi formativi per giovani ricercatori/imprenditori che, pur mantenendo le singole specificità, abbiano gli strumenti necessari per muoversi in un settore di natura fortemente interdisciplinare con la creazione di figure a professionalità estremamente alta, molto ricercate nel campo dell'industria d'avanguardia e tradizionale. Apertura della conoscenza e della alta professionalità tecnica anche a settori tradizionalmente meno aperti all'innovazione e strettamente legate ai materiali (es: produzioni tradizionali ed artigiane, quali vetro e ceramica, bigiotteria ed accessoristica, moda, edilizia, etc..)

- Questo target porterà all'acquisizione di competenze applicative all'avanguardia e ad alta specializzazione negli istituti di ricerca. Tali risultati, uniti ad opportune strategie di trasferimento tecnologico, avranno un impatto positivo sulla competitività delle imprese regionali grazie al potenziale di innovazione con evidenti ricadute sulla crescita economica e sull'occupazione.

Per questo target sono necessarie risorse umane con specializzazioni avanzate nell'ambito delle nanotecnologie, della chimica e della fisica. Lo sviluppo di questo target su scala regionale richiamerà figure specializzate, rendendo di conseguenza il territorio più competitivo anche per l'accesso a fondi europei per la ricerca e lo sviluppo imprenditoriale.

Aspetti governance territoriale;

- Sostegno all'acquisizione e formazione di personale specializzato e con nuove competenze interdisciplinari qualificate per lavorare nel campo dei materiali smart nanostrutturati e delle nanotecnologie applicate.

- Promozione della committenza privata sull'attività dei Poli Regionali delle Nanotecnologie e quelli riconducibili ai settori tradizionali, quali Tessile, Carta, Lapideo, Mobile e Arredo. Lancio di Bandi Regionale tipo POR-Creo 2007/13 e successive emanazioni per il periodo 2014-2020 correttamente indirizzato per rafforzare la compravendita di servizi qualificati avanzati e di ricerca, progetti di R&S in partnership fra centro di ricerca ed impresa.

- Ampia diffusione tecnologie abilitanti ai settori tradizionali dell'economia regionale e massimo coinvolgimento PMI

- Politiche regionali e nazionali sia sulla ricerca che sulla brevettualità, la fiscalità per le aziende che innovano, il credito alle start-up etc.

- Interventi che mirino a finanziare progetti di ricerca sia di base che applicata ed industriale

principalmente in ambito nano tecnologico e di materiali smart.

Aspetti infrastrutturali;

- Massimo impiego laboratori, infrastrutture e centri di ricerca creati nel periodo 2007-2013
- Potenziamento centri di trasferimento tecnologico alle imprese (vedi roadmap 3)

Aspetti normativi

- Copertura regolatoria per il corretto svolgimento delle attività di ricerca, sperimentazione produzione ed l'immissione nel mercato di prodotti nanostrutturati.
- Le normative ambientali stanno diventando sempre più restrittive attraverso ad esempio il regolamento REACH (67/548/EWG EU Directive) che dà maggiore responsabilità all'industria nella gestione dei rischi da agenti chimici e per fornire informazioni di sicurezza sulle sostanze. L'industria regionale deve essere preparata anche nel caso in cui nazioni non europee e le organizzazioni professionali diventassero più restrittive in termini di salute e sicurezza. Un connubio così tra enti di ricerca pubblici ed impresa quale quello che si richiede si rafforzi in questo settore potrebbe sostenere la competitività dell'economia regionale e nazionale.

Tempistica e target attesi

Oltre a tempistica e target, specificare milestone interne, se presenti

Ci si attende un'ampia diffusione dei nanomateriali per coating su tutte le superfici indicate che a loro volta afferiscono a settori merceologici differenti , fra cui ad esempio: dal tessile si può andare al settore moda, al settore del tessile sanitario e del tessile per indumenti da lavoro, dalla meccanica si può andare al settore della bigiotteria semipreziosa, alla minuteria per la moda, fino al trattamento di superfici per il settore ferroviario e automotive. Nel settore strategico della produzione di energia, di grande interesse può risultare l'utilizzo di rivestimenti nanostrutturati (ad esempio ottenuti con tecniche di termodeposizione di nanopolveri) e di film sottili realizzati con tecniche di deposizione da fase vapore (PVD-CVD). In particolare questi sistemi (sia metallici che ceramici) possono essere utilizzati per incrementare la vita utile dei componenti termicamente più sollecitati dei turbogeneratori (primi stadi della turbina e camera di combustione) migliorandone la resistenza al ciclaggio termico, all'ossidazione ed alla corrosione ad alta temperatura rispetto alle soluzioni tradizionali. Nel settore vetro e ceramica si sviluppa tecnologicamente il settore della bioedilizia.

La multifunzionalità dei nanomateriali , inoltre, intesa sia come possibilità di arrecare più funzionalità nello stesso trattamento (coating che aumenta la resistenza ed è anche antismog) ma anche come possibilità di approcciare supporti diversi e quindi mercati diversi, rende la potenzialità del settore estremamente alta e riduce contemporaneamente il rischio di insuccesso.

Nel periodo di riferimento indicato (2014-2020) ci si attende prototipi industriali finiti in tutti i settori indicati. Fra essi:

2014-2016:

- Studio dei materiali nanostrutturati per la termoelettricità: modellizzazione teorica, fabbricazione, caratterizzazione termica ed elettrica, ottimizzazione.
- Sviluppo di materiali nanostrutturati, nanopolveri e coating per applicazioni in ambito meccanico (superfici metalliche) e ad elevata temperatura (barriere termiche e rivestimenti anticorrosione per turbogeneratori), edilizia (nuovi materiali), vetro e ceramica (materiali nanofunzionizzati), plastica (nanopolimeri), etc..
- Ricerca e sviluppo di materiali per Green Economy alternativi a quelli derivati da fonti non rinnovabili. Implementazione ed industrializzazione dei nuovi materiali.
- Sintesi e studio di materiali magnetici nanostrutturati di metalli di transizione, alternativi a quelli classici che necessitano l'impiego di terre rare.
- Studio dei materiali nanostrutturati per la termoelettricità: modellizzazione teorica, fabbricazione, caratterizzazione termica ed elettrica, ottimizzazione.

2016-2018:

- Prime applicazioni di materiali self-healing.

- Preparazione ed applicazioni di nano particelle metalliche, omo- ed eteronucleari, di dimensioni programmabili. Sviluppo articolato della loro produzione e del loro impiego, in collaborazione con imprese sia regionali che nazionali e loro avanzamento tecnologico rendendole competitive a livello internazionale.
- Entrata a regime di un primo pacchetto di prodotti e processi innovativi per Green Economy.
- Ottimizzazione dei processi di deposizione di barriere termiche e di rivestimenti metallici nanostrutturati per applicazioni ad alta temperatura in componenti di turbogeneratori.
- Realizzazione di generatori termoelettrici basati su materiali nanostrutturati: fabbricazione dei dispositivi e delle parti meccaniche dei sistemi per la generazione di energia elettrica da sorgenti di calore reali (solare termico, recupero di calore da un impianto industriale, ecc.).
- Scale-up di produzione per materiali magnetici nanostrutturati alternativi a quelli classici che necessitano l'impiego di terre rare, Studi e formulazioni di compositi polimero/materiale nanostrutturato per raggiungere la necessaria lavorabilità del materiale e affinarne le proprietà magnetiche..Test di applicazione di questi magneti in sistemi elettronici ad altissima frequenza e basso consumo.

2018-2020:

- Trasferimento tecnologico all'industria e commercializzazione di sistemi dei generatori termoelettrici nanostrutturati.
- Realizzazione di magneti commerciabili, contenenti materiali nanostrutturati, alternativi a quelli classici che necessitano l'impiego di terre rare le cui scorte sono ridotte e sotto monopolio cinese.
- Realizzazione di microrefrigeratori per l'utilizzo di nanodispositivi a temperature ultrasbasse.
- Trasferimento tecnologico dei rivestimenti nanostrutturati all'industria della produzione di energia ed all'industria dei motori aeronautici.

Possibili sinergie con altri Poli di Innovazione

Specificare il tipo di sinergia che può instaurarsi, le possibili complementarità settoriali e le opportunità di R&S congiunta e/o trasferimento tecnologico

Piena sinergia con tutti i Poli afferenti a discipline del Manifatturiero e della Meccanica, incluse specifiche applicazioni in campo Energia ed Efficienza Energetica.

La priorità presenta pertanto sinergie con i Poli della Moda e Tessile, Energie Rinnovabili, Meccanica, Carta, Lapideo, Nautica e Mobile.

Tali sinergie si potranno instaurare in percorsi comuni di:

- Informazione e disseminazione: organizzazione workshops e seminari a tema
- Animazione progettuale e costruzione di specifici percorsi di R&S fra centri di ricerca ed imprese afferenti ai Poli
- Compravendita di servizi qualificati avanzati

ROADMAP 3 - CENTRI DI COMPETENZA PER IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Descrizione

Nella descrizione della roadmap devono essere esplicitate le criticità/opportunità specifiche del comparto produttivo, indicando le possibili soluzioni ed ambiti di intervento. In particolare, laddove rilevanti, dovranno essere specificati:

- gli aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;
- gli aspetti di innovazione organizzativa e di processo;
- gli aspetti governance territoriale;
- gli aspetti infrastrutturali;
- gli aspetti normativi.

La priorità in questo caso verte sulla creazione (o sostegno) ed organizzazione di una rete **Centri di competenze regionali** che funzionino sia da tramite di trasferimento tecnologico delle realtà di eccellenza nella ricerca sulla nanoscienza e sulle nanotecnologie presenti in Toscana, che da centri di

servizi di avanguardia di appoggio alle aziende che possano agire sotto la regia e organizzazione dei Poli. E' questa un'opportunità unica per dare nel breve e medio termine alle imprese (piccole, medie e grandi) gli strumenti necessari per restare al passo dell'innovazione tecnologica globale nel settore strategico delle nanotecnologie e di interconnetterle al territorio circostante, creando sinergie e collaborazioni anche a livello nazionale ed internazionale. E' anche un sistema virtuoso per sfruttare al massimo gli investimenti fatti dagli atenei e dai Centri di ricerca toscani, con fondi pubblici, sia nazionali che europei, nelle strumentazioni di avanguardia e per promuovere lo sviluppo della conoscenza e delle nuove competenze nei giovani visti come vettore per trasmettere l'innovazione nell'industria regionale e per mantenere a livello di eccellenza la ricerca sviluppata in questo settore in Toscana.

La priorità verte in particolare su:

- ❑ Creazione di un centro avanzato di Ricerca & Sviluppo a supporto delle aziende più dinamiche con indirizzo verso materiali smart e nanometrici per applicazioni nel campo dei materiali e tecnologie smart con accesso a facilities per analisi strumentali e possibilità di consulenze tecnico scientifiche
- ❑ Parallelo potenziamento di Centri di competenze esistenti, quali:
 - Il Centro per l'analisi morfologica, ottica ed elettronica (anche su scala nanometrica) presso il NEST di Pisa
 - Il neonato Centro di Empoli per le analisi e le applicazioni di nanotecnologie ai materiali tradizionali (materiali nanofunzionalizzati, polimeri e coating per Manifatturiero e Meccanica)
- ❑ Creazione centro di competenza specifico su magnetismo e materiali magnetici classici e nanostrutturati, con anche lo scopo di trovare materiali alternativi a quelli attualmente usati nei magneti tradizionali, che rientrano tra i materiali estremamente scarsi (Terre Rare) i cui controllo commerciale è quasi interamente in mano cinese. Questa è anche una priorità europea che apre strade innovative in settori maturi, quale quello dei magneti, in quanto la nano strutturazione di materiali di facile accesso permette prestazioni comparabili.

La Regione Toscana ha dato negli ultimi anni un importante impulso alla creazione di Poli di Innovazione, tra cui NANOXM. Questi Poli hanno come scopo principale quello di fare da tramite tra il mondo produttivo e quello della ricerca universitaria e privata, per favorire l'attività di ricerca stessa in settori innovativi, lo scouting, il trasferimento e la mediazione tecnologica, il marketing e la formazione, con particolare riguardo alla rete delle Piccole e Medie Imprese (PMI) che non sono in grado da sole di sviluppare autonomamente l'innovazione e la ricerca al loro interno. In questo quadro di azione regionale, i Centri di ricerca e trasferimento tecnologico costituirebbero i punti di riferimento regionali a sostegno dei Poli e del territorio. Si tratterebbe quindi di una selezione di laboratori di ricerca già esistenti da costituire in Centri che verrebbero messi a disposizione delle aziende e coordinati principalmente dai Poli regionali, dove rafforzare la presenza di attrezzature e competenze necessarie per l'analisi morfologica, ottica, magnetica ed elettronica (anche su scala nanometrica) di nuovi materiali per l'industria, dove è possibile la fabbricazione e caratterizzazione di nuovi materiali magnetici, di prototipi/dispositivi nanometrici, la definizione di nuovi processi produttivi e la certificazione dei materiali/dispositivi/prodotti in termini di impiego effettivo ed efficace di nanostrutture come componenti attive o in termini legati alla loro biocompatibilità e sostenibilità ambientale. Sono pertanto evidenti le cross relazioni esistenti con le altre priorità evidenziate da questo documento.

Questa attività avrebbe certamente ricadute importanti sul piano occupazionale, sulla capacità delle piccole e medie imprese di superare la crisi economica puntando sulla innovazione e quindi nel creare un circuito virtuoso tra ricerca ed impresa che possa avere un impatto positivo sull'occupazione nel settore, come accaduto in altri Paesi europei che hanno adottato politiche di sviluppo simili in passato.

Tempistica e target attesi

Oltre a tempistica e target, specificare milestone interne, se presenti

2014-2016

- ❑ Prosecuzione delle politiche di posizionamento strategico dei Poli di Innovazione (nel caso specifico del Polo per le Nanotecnologie) per il trasferimento tecnologico, la diffusione

della conoscenza, la compravendita di servizi qualificati, l'ottimizzazione e l'uso comune di installazioni.

- Organizzazione (attraverso il Polo) e messa in rete dei laboratori toscani.
- Creazione centro sul magnetismo

2016-2018:

- Piena operatività nell'erogazione servizi, sia nella fase di ricerca sperimentale che di disponibilità verso le aziende.
- Potenziamento dei Centri.

2018-2020:

- Operatività di progetti interni misti tra accademia-industria.
- Piena auto-sostenibilità economica dei Centri.

Possibili sinergie con altri Poli di Innovazione

Specificare il tipo di sinergia che può instaurarsi, le possibili complementarità settoriali e le opportunità di R&S congiunta e/o trasferimento tecnologico

Massima.

I centri di competenza, così come il loro modo di operare, sono cross settoriali e non si vede Polo di innovazione con il quale non possano essere stabilite sinergie e confronti con le aziende aderenti ad essi: in tale ottica Il Polo per le Nanotecnologie ha ovviamente il compito di svolgere il ruolo di tramite e facilitatore

La natura di tecnologia chiave ed abilitante delle nanotecnologie viene in questo caso evidenziata al massimo livello e, anche facendo riferimento agli esempi riportati in premessa al documento (§1), i centri presentano costanti intersezioni con settori quali Optoelettronica, Scienze della vita, Moda e Tessile, Energie Rinnovabili, Meccanica, Carta, Lapideo, Nautica e Mobile.

ROADMAP 4 - PRODOTTI E TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL NANO-BIOTECH

Descrizione

Nella descrizione della roadmap devono essere esplicitate le criticità/opportunità specifiche del comparto produttivo, indicando le possibili soluzioni ed ambiti di intervento. In particolare, laddove rilevanti, dovranno essere specificati:

- *gli aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;*
- *gli aspetti di innovazione organizzativa e di processo;*
- *gli aspetti governance territoriale;*
- *gli aspetti infrastrutturali;*
- *gli aspetti normativi.*

Sviluppo di prodotti e tecnologie per applicazioni in nano medicina mediante ricerca e sviluppo di sistemi e materiali di avanguardia

Questo percorso porterà all'acquisizione di competenze all'avanguardia e ad alta specializzazione negli istituti di ricerca e nelle imprese farmaceutiche e biomedicali regionali, con impatto positivo sull'innovazione e, di conseguenza, sulla competitività, sulla crescita economica e sull'occupazione.

I settori coinvolti, oltre agli istituti di ricerca e la sanità, sono in particolare i settori industriali biomedicali, ambientali, farmaceutici. Il potenziale impatto economico per il territorio è significativo, vista la presenza di attori industriali importanti attivi nel campo farmaceutico, quali Novartis, Menarini, Abiogen, Eli Lilly ed Angelini e nel campo dei dispositivi biomedicali (El.En, Molteni) che beneficerebbero dei risultati del target in termini di innovazione di prodotto grazie all'introduzione di farmaci e di strumenti innovativi a fianco dei prodotti e delle metodologie tradizionali attualmente in uso. La fase di ammodernamento dei prodotti e dei processi sarà resa più efficace grazie alla presenza dei Centri di Competenze regionali attivi nel settore di interesse.

L'impatto sociale dei risultati della ricerca in termini di miglioramento della qualità della vita (esempio: cura di malattie, diagnosi più efficace o precoce) è estremamente rilevante

Aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;

- Avanzamento nello sviluppo di costrutti nanoparticellari per diagnostica per immagini, metodi e prodotti;

- Avanzamento della produzione di avanguardia di:

- Sistemi di drug delivery e di sistemi di diagnostica nanostrutturati per utilizzo a scopo diagnostico/terapeutico;
- Materiali nanostrutturati con elevate caratteristiche biomimetiche per la sostituzione/rigenerazione di organi e tessuti;
- Scaffold biomimetici/biorisorbibili per l'ottimizzazione della ricrescita tissutale (in particolare di nervi periferici), per il rilascio di farmaci specificatamente nel sito di lesione o in specifici organi target e per lo studio in vitro di sistemi cellulari complessi (ad es. modelli neuronali) o di meccanismi patologici utilizzabili ad esempio nell'ambito dell'industria farmaceutica o dei test ambientali;
- Materiali compositi biomimetici e bioattivi, "self-protecting" (non facilmente degradabili) come sostituti tissutali (in particolare della cartilagine articolare) con capacità osteointegrative e osteinduttive.
- Idrogeli polimerici biomimetici, bioattivi per l'industria biomedica che opera nel settore oftalmologico (in particolare sostituti vitreali e del cristallino, lacrime artificiali, riempitivi per la chirurgia dell'occhio); sistemi per il trasporto e il rilascio mirato di specifici farmaci o biomolecole.
- Materiali nanostrutturati con elevata bioattività ed efficacia terapeutica;
- Test in vitro in grado di predire il comportamento in vivo degli "smartnanomaterials". Test in vitro ed in vivo atti a valutare la tossicità, biocompatibilità, efficacia, farmaco-cinetica e bio-distribuzione, di nanosistemi terapeutici innovativi e la loro successiva validazione in test clinici.
- Tessuti nanofunzionalizzati antibatterici, autopulenti e/o in grado di rilasciare principi medicinali in dosi controllate; Tessuti nanofunzionalizzati in grado di filtrare sostanze inquinanti e/o tossiche.
- Metodiche di imaging ad alta risoluzione spazio-temporale e ad alta sensibilità per la rilevazione del segnale e/o dell'attività della molecola di interesse nel campione biologico, fino al livello di singola molecola/ singolo evento; protocollo per il trattamento di cellule tumorali tramite ipertermia magnetica;
- Dispositivi Lab-on-chip modulari per analisi chimica high-throughput e per la diagnostica altamente miniaturizzati, completamente portabili, con alimentazione a batteria.

In alcuni di questi settori si può arrivare ad avere una larga produzione di materiali nanostrutturati e/o a basso impatto ambientale scelti per la criticità nei campi della nano-medicina, ambiente e/o energia e in particolar modo per la loro potenziale efficacia ed una larga disponibilità commerciale di nanomateriali e/o a basso impatto ambientale selezionati già pronti all'impiego nei campi della nano-medicina, ambiente e/o energia

Aspetti di innovazione organizzativa e di processo;

- Avviamento di un percorso formativo per giovani ricercatori che, pur mantenendo le singole specificità, abbiano gli strumenti necessari per muoversi in un settore di natura fortemente interdisciplinare con la creazione di figure altamente professionali estremamente ricercate nel campo dell'industria d'avanguardia e necessarie a mantenere elevata la competitività in un settore strategico e in sicura forte espansione. Apertura della conoscenza e della professionalità medica all'utilizzo delle nuove tecnologie e dei nuovi materiali.

Aspetti governance territoriale;

- Sostegno all'acquisizione e formazione di personale specializzato e con nuove competenze interdisciplinari qualificate per lavorare nel campo dei materiali smart nanostrutturati e delle nanotecnologie applicate, di tecniche di indagine ottica ed elettronica nell'ambito dei dispositivi

elettronici avanzati, di personale specializzato e con nuove competenze interdisciplinari qualificate per lavorare nel campo della nano medicina, da inserire successivamente in strutture pubbliche o private. Incentivi finanziari e fiscali che favoriscano l'occupazione di giovani tecnici e ricercatori universitari e che supportino l'attività strategica.

- Promozione della committenza privata sull'attività dei Poli Regionali dell'Optoelettronica, della Salute e delle Nanotecnologie. Lancio di Bando Regionale tipo POR-Creo 2007/13 e successive emanazioni per il periodo 2014-2020 correttamente indirizzato per rafforzare la creazione di struttura e ricerca di avanguardia che uniscano ricerca pubblica ed aziende private, le ASL per la parte ambientale, le strutture ospedaliere per la parte bio-medica, con una quota del finanziamento da spendere obbligatoriamente per servizi offerti dai Poli.

- Finanziamenti nell'ambito di progetti di ricerca sia di base che di sviluppo preclinico. Finanziamenti adeguati, per quanto riguarda lo sviluppo dei materiali innovativi, lo scale-up produttivo e la parte di validazione clinica. Creazione di infrastrutture o servizi per la valutazione dell'impatto di mercato dei nuovi prodotti sviluppati. Politiche di sostegno ad istituti di sanità e ospedali disponibili alla sperimentazione clinica necessaria sui prodotti della ricerca. Creazione di strumenti per la generazione di impresa anche con iniziative per semplificare l'accesso al credito.

- Politiche regionali e nazionali sia sulla ricerca che sulla brevettabilità, la fiscalità per le aziende che innovano, il credito alle start-up etc.

- Interventi che mirino a:

- Finanziare progetti di ricerca sia di base che applicata ed industriale principalmente in ambito nano tecnologico e di materiali smart.

- Bandi di ricerca per il finanziamento della fase di ricerca e sviluppo specifici sul tema nanodevices medicali, monitoraggio ambientale innovativo, biomateriali, per il finanziamento della fase di ricerca e sviluppo.

- Bandi per la formazione di ricercatori con specifiche competenze nel campo sensoristico, biosensoristico, materiali smart e nanostrutturati, biomateriali, nano tossicologia.

Aspetti infrastrutturali;

- Sostegno finanziario finalizzato allo sviluppo di innovazione mediante la creazione delle infrastrutture necessarie alla nascita di una Piattaforma regionale che serva di sostegno tecnologico e di conoscenza per lo sviluppo dei materiali nanobiotec, di coordinamento delle iniziative di largo respiro e di connessione per portare a prodotto le iniziative accademiche o di PMI. La creazione di un unico centro di riferimento permetterebbe di non perdere iniziative e conoscenze valide, così come inserire PMI e laboratori accademici in filiere di prodotto in via di sviluppo, secondo le proprie competenze e capacità. Tale piattaforma dovrebbe anche avere la capacità mediante l'interazione con i Poli interessati di favorire lo scambio di conoscenze fra aziende, fra aziende e enti di ricerca, spin-off etc. per risolvere problemi comuni e non, sia tecnici che burocratici, rappresentando in tal modo un valido sostegno all'impresa che sviluppa innovazione di prodotto e di tecnologia.

Aspetti normativi

- Copertura regolatoria per il corretto svolgimento delle attività di ricerca, sperimentazione produzione ed l'immissione nel mercato di prodotti biomedici nanometrici. Più in dettaglio si attende come out come la definizione di linee guida e normative per la produzione, il packaging, il trasporto, l'uso e lo smaltimento di materiali nano strutturati, con un forte impatto: a) sulla sicurezza degli operatori e sul Life Cycle Assessment (LCA) di questi materiali; b) sull'assessment dell'inquinamento ambientale; c) sulla realizzazione di metodologie analitiche e sensori innovativi per la diagnostica ambientale. Tutto questo si riverserà sulla possibilità di produrre e commercializzare prodotti contenenti nano materiali che rispettino la sicurezza dei lavoratori e della popolazione. Consentirà inoltre di formare personale specializzato per la definizione del LCA dei materiali nanostrutturati con la creazione di nuove figure professionali e nuovi posti di lavoro.

Inoltre, per arrivare all'applicazione industriale nello specifico campo biomedico di nano-vettori e sensori è indispensabile che la Regione metta in atto in breve tempo azioni legate all'ottenimento delle autorizzazioni necessarie per l'utilizzo di prodotti nanostrutturati in ambito medico. A tale fine sarà sicuramente auspicabile il coinvolgimento degli stakeholder regionali quali, ad esempio, il Polo Life-sciences e l'industria farmaceutica.

Tempistica e target attesi*Oltre a tempistica e target, specificare milestone interne, se presenti***Drug delivery e nano-implantable devices:**Tempi e fasi

2014-2016

- Identificazione dei principali campi di applicazione (tumori, malattie cardiovascolari, malattie osteoarticolari, malattie metaboliche croniche e obesità, trapianti d'organo e tessuto, malattie infettive e infiammatorie, malattie neurodegenerative),
- Progettazione e sviluppo dei sistemi di delivery (nanoparticelle funzionalizzate). Test pre-clinici dei vettori nanostrutturati per l'individuazione candidati ideali.
- Sviluppo di nuclei inorganici magnetici, plasmonici e magnetici-plasmonici con proprietà ottimizzate per la diagnostica e l'ipertermia; sviluppo di sistemi ibridi organici/inorganici biocompatibili e stabili in ambiente fisiologici con proprietà di targeting edrug delivery
- Sviluppo e ottimizzazione di scaffold biomimetici (materiali e idrogeli polimerici, materiali inorganici, compositi) per applicazioni nei campi della rigenerazione/sostituzione tissutale (in particolare nervosa, cartilaginea, ossea) e studio della biocompatibilità degli scaffold in vitro. Progettazione e realizzazione di scaffolds tramite processi di micro/nanofabbricazione, testing e ottimizzazione dei materiali.
- Studio della biocompatibilità dei nanomateriali in vitro.

2016-2018

- Progettazione e realizzazione di funzionalizzazioni biochimiche o fisiche sugli scaffolds.
- Progettazione, realizzazione e sviluppo di nanomateriali per il drug-delivery.
- Studio della biocompatibilità dei nanomateriali in vitro.
- Test pre-clinici dei vettori nanostrutturati per l'individuazione dei candidati ideali.
- Valutazione in vitro ed in vivo di: profili tossicologici, selettività di targeting; efficienza di contrasto in MRI, attività antitumorali mediante ipertermia; efficienza teranostica; attività terapeutica.
- Assemblaggio, test ed ottimizzazione di scaffolds completi, con scelta dei materiali e delle caratteristiche migliori per il tipo di applicazione rigenerativa e/o sostitutiva.
- Trial clinici dei vettori nanostrutturati su modelli animali idonei..

2018-2020

- Assemblaggio, test ed ottimizzazione di scaffolds completi, con scelta dei materiali e delle caratteristiche migliori per il tipo di applicazione rigenerativa.
- Sviluppo dei primi sistemi prototipali di analisi completi anche in vivo, validazione e certificazione, formazione di spin-off e joint venture per la commercializzazione.
- Trial clinici dei vettori nanostrutturati.
- Validazione clinica; Scale-up ed ottimizzazione in termini di costo e di impatto ambientale della produzione.

Diagnostica:

2014-2016

- Sviluppo delle tecnologie di realizzazione dei risonatori LC free-standing, delle tecniche di sospensione in acqua (tramite funzionalizzazione con polimeri appropriati), e dimostrazione delle capacità di osservare spettroscopicamente semplici eventi biochimici (in vitro).
- Analisi e ingegnerizzazione del silicio nanostrutturato per applicazioni sensoristiche ad elevata

sensibilità (smartdust).

- Progettazione di chip microfluidici (LOC). Studio e simulazione della fluidodinamica su microscala per l'ottimizzazione dei layout fluidici.
- Sviluppo di sensori ad alta sensibilità (p. es. basati su surface-enhanced Raman scattering, SERS)

2016-2018

- Fabbricazione, testing e ottimizzazione e dei layer fluidici, dei blocchi funzionali e dei blocchi rivelatori. Sviluppo dei substrati piezoelettrici con dispositivi micro/nanostrutturati per la movimentazione automatica dei fluidi.
- Sensori SERS: ingegnerizzazione e interfacciamento con strumentazione Raman esistente o sviluppata da partners industriali.

2018-2020

- Assemblaggio, test e ottimizzazione dei LOC completi composti dai layer fluidici, dei blocchi funzionali e dei blocchi rivelatori e dimostrazione delle applicazioni strategiche scelte nel biennio 2014-2016.
- Sviluppo dei primi sistemi prototipali di analisi completi anche in vivo, validazione e certificazione, formazione di spin-off e joint venture per la commercializzazione.
- Commercializzazione di sensori nanostrutturati.

Materiali nanostrutturati

2014-2016

- Materiali nanostrutturati a base di fibrina e fattori piastrinici in grado di promuovere l'angiogenesi.
 - Studio di base dei materiali di partenza:
 - Studio per la purificazione dei componenti naturali: fibrinogeno e trombina per l'ottenimento di fibrina e loro caratterizzazione
 - Caratterizzazione biologica del lisato piastrinico (LP) e valutazione della risposta infiammatoria e dell'attivazione delle vie di traduzione coinvolte nell'angiogenesi e nella riparazione tissutale
 - Realizzazione di nanoparticelle caricate con lisato piastrinico e studio della cinetica di rilascio di fattori di crescita presenti nel lisato
 - Valutazione dell'attività del lisato piastrinico dopo rilascio dalle nanoparticelle. Studio di stabilità
- Materiali compositi nanostrutturati come sostituti della cartilagine articolare per la cura dell'osteoartrosi.
 - Studio di base delle matrici polimeriche (idrogeli a base di polivinilalcol, PVA) e dei nanocristalli di idrossiapatite (HA) nativi e opportunamente funzionalizzati
 - Caratterizzazione reologica degli idrogeli
 - Valutazione dell'attività antinfiammatoria e di osteoinduzione dei nanocristalli di HA funzionalizzati
 - Realizzazione di un materiale composito e valutazione delle sue proprietà biomimetiche
 - Caratterizzazione biologica in vitro dei materiali di partenza e del materiale composito

2016-2018

- Realizzazione di uno scaffold iniettabile nanostrutturato e valutazione della sua efficacia terapeutica in vitro e in vivo

- Studio della composizione ottimale dello scaffold iniettabile (costituito da fibrinogeno, trombina e LP caricato o no nelle nanoparticelle) e sua caratterizzazione morfologica
- Studio della cinetica di rilascio di fattori pro-angiogenetici dallo scaffold iniettabile e della loro bioattività su colture cellulari. Studio del potenziale dello scaffold iniettabile di regolare la formazione di strutture vascolari
- Valutazione in vivo su modello di ischemia muscolare e analisi istologica ed immunohistochimica per valutare la neoangiogenesi. Realizzazione di un patch nanostrutturato e valutazione della sua efficacia terapeutica in vitro e in vivo
- Realizzazione di un patch in PU-PDMS con caratteristiche strutturali ottimali per l'applicazione cutanea
- Realizzazione di patch nanostrutturati (contenenti fibrina, e LP caricato o no con nanoparticelle) e loro caratterizzazione
- Studio della cinetica di rilascio di fattori pro-angiogenetici dal patch nanostrutturato e valutazione della loro bioattività su colture cellulari
- Studio in vivo su modello di animale diabetico con valutazione macroscopica del grado di chiusura della ferita e analisi istologica ed immunohistochimica per valutare la ripitelizzazione, la vasculogenesi e la deposizione di collagene

- Realizzazione di un materiale composito multistrato e valutazione della sua efficacia terapeutica in vitro e in vivo
 - Studio della composizione e della struttura ottimale del materiale composito multistrato
 - Caratterizzazione morfologica, reologica e meccanica (studio delle proprietà biomimetiche) - Valutazione della citotossicità e citocompatibilità in vitro
 - Studio della cinetica di del rilascio e dell'efficacia dei fattori antinfiammatori in modelli idonei
 - Valutazione in vivo su modello animale di osteoartrosi con valutazione macroscopica - dell'efficacia terapeutica del sostituto tissutale

2018-2020

- Progettazione e realizzazione di una macchina automatica per la fabbricazione di un patch nanostrutturato
 - Studio, progettazione e sviluppo della struttura di base della SMP e dei mandrini
 - Progettazione e sviluppo dell'impianto idraulico e pneumatico
 - Design e sviluppo del sistema elettronico di controllo e del software di gestione dei processi della SMP
 - Assemblaggio, integrazione e test di sperimentazione della SMP
- Scale up dei materiali
 - Studio dello scale up per la produzione dei componenti di fibrina: fibrinogeno e trombina
 - Scale up dei polimeri per la produzione di nanoparticelle

- Sperimentazione preclinica del materiale composito multistrato
- Scale-up dei materiali
 - Studio dello scale-up dei materiali di partenza (idrogeli, idrossiapatite nanostrutturata e funzionalizzata, molecole ad attività antinfiammatoria per la funzionalizzazione di HA) per la produzione del materiale composito multistrato
 - Scale-up del materiale composito multistrato

Possibili sinergie con altri Poli di Innovazione

Specificare il tipo di sinergia che può instaurarsi, le possibili complementarità settoriali e le opportunità di R&S congiunta e/o trasferimento tecnologico

Fortissime sinergie sono previste con i Poli Life Sciences ed Opto-elettronica. Si potrebbe forse dire che più che di sinergia si tratta di un percorso comune dove, a grandi linee ma non assolutamente a comparti.

- il Polo Nano ha una predominanza di expertise sui nanomateriali e sulle tecniche per produrli, così come sulla progettazione e costruzione di nanodevices basati su principi chimici e fisici.
- il Polo Opto-elettronica copre la parte di applicazioni di radiazioni luminose, con particolare attenzione ai laser, sia come diagnostica che come aspetti curativi (in questo campo sfruttando nanomateriale foto-sensibili).
- Il Polo Life Sciences cura l'aspetto bio nella fase iniziale dello sviluppo dei materiali e dei devices , ovvero biocompatibilità, bio-risposta, tossicità, e la parte dedicata ai trials e agli aspetti applicativi dei prodotti finali (materiali, devices e tecniche) sia per quanto concerne l'aspetto clinico che per ciò che riguarda l'utilizzo commerciale del prodotto. .

ROADMAP 5 - NANOMATERIALI E NANOTECNOLOGIE PER PRODOTTI AMATRICE POLIMERICA E PER INCAPSULAMENTO PRINCIPI ATTIVI

Descrizione

Nella descrizione della roadmap devono essere esplicitate le criticità/opportunità specifiche del comparto produttivo, indicando le possibili soluzioni ed ambiti di intervento. In particolare, laddove rilevanti, dovranno essere specificati:

- gli aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;
- gli aspetti di innovazione organizzativa e di processo;
- gli aspetti governance territoriale;
- gli aspetti infrastrutturali;
- gli aspetti normativi.

La priorità concerne lo sviluppo di nanomateriali polimerici per **incapsulamento di principi attivi e produzione di miscele e materiali compositi a matrice polimerica nanostrutturati**, con sbocchi applicativi nei settori:

- Farmaceutica,
- Alimentare, dove aromi naturali e sintetici possono essere enormemente migliorati nei termini di resistenza alla temperatura, alla ossidazione e alla persistenza negli alimenti,
- Profumeria, analogamente in termini di rilascio controllato e prolungato di protezione all'ossidazione
- Nutraceutica (recente neologismo da "nutrizione" e "farmaceutica" che si riferisce allo studio di alimenti e principi attivi che hanno una funzione benefica sulla salute umana), e sviluppo di involucri protettivi di principi attivi facilmente suscettibili di alterazione chimica, fisica ed enzimatica.
- Cosmesi e cura personale (healthcare)
- Detergenza
- Agricoltura
- Imballaggio alimentare ed asporto merci

Le linee di ricerca e sviluppo in cui si propone di operare prevedono l'utilizzo di materiali polimerici sia da fonti rinnovabili che da fonti fossili. Caratteristica comune delle due tipologie di materiali è quella di essere ecocompatibili e preferibilmente biodegradabili in compartimenti ambientali solidi (suolo e compost) o liquidi (lacustri, fluviali e marini). All'occorrenza questi possono essere avviati ad un riciclo meccanico e resta chiaramente inteso che le risorse da fonti rinnovabili non devono interferire con le filiere dei prodotti ad uso alimentare antropico ed animale (food and feed chains): l'attenzione è rivolta pertanto alla valorizzazione degli scarti agroindustriali e delle lavorazioni relative alla macellazione di

bovini, ovini ed animali da cortile e del pescato. Questa impostazione esclude anche l'uso di coltivazioni intensive di erbacee e piante in cosiddetti terreni marginali, in quanto in dipendenza della crescita della popolazione a livello mondiale i terreni arabili devono essere riutilizzati per la produzione di coltivazioni di prodotti commestibili ad uso antropico e/o animale.

Polisaccaridi, polipeptidi, poliesteri microbici e lignine direttamente estraibili dagli scarti delle lavorazioni sopraindicate potranno essere utilizzati, dopo opportune trasformazioni chimiche tendenti a migliorarne le caratteristiche di lavorabilità e di resistenza a sollecitazioni fisico-meccaniche:

- a) Nel loro stato nativo come cariche o secondi componenti in materiali compositi ibridi o miscele ibride convertibili a manufatti plastici flessibili e semi-flessibili di largo uso nei settori dell'imballaggio alimentare ed asporto merci, come contenitori nella raccolta differenziata, di teli da pacciamatura autofertilizzanti e con capacità strutturanti del terreno, per applicazioni in pieno campo ed orticoltura che non richiedono il loro recupero e smaltimento come rifiuti pericolosi.
- b) Come matrici di base per la preparazione di nanocompositi ibridi con cariche nanostrutturanti di natura inorganica (cloisiti e argille organofile) per la produzione di film barriera all'ossigeno, utilizzabili in film multistrato per imballaggi e contenitori alimentari a base poliidrocarbureca (PE e PP) oxo-biodegradabili. Questi ottenuti spesso da precursori monomerici coprodotti della raffineria del grezzo sono infatti in grado di prevenire i danni ambientali connessi all'accumulo di imballaggi flessibili e semiflessibili incautamente abbandonati nell'ambiente. I settori di applicazione rientrano a pieno titolo in quelli menzionati al punto a). La produzione di confezioni monodose di liquidi e solidi utilizzabili nei vari settori della detergenza domestica ed industriale, così come nel confezionamento di fitofarmaci per applicazioni agricole. Tali confezioni offrono l'indubbio vantaggio, poichè l'imballo si disintegra in acqua, talvolta anche esaltando le caratteristiche di efficienza del contenuto, e subisce negli impianti di trattamento acque sia domestici che industriali una digestione microbica (biodegradazione) evitando pertanto problemi di accumulo ambientale di plastici altrimenti smaltibili come rifiuti pericolosi.
- c) Nella preparazione di miscele costituite da matrici a base cellulosa, polipeptidica e poliesterea di origine microbica o anche con materiali polimerici compatibili:
 - c1) poli(vinil alcol) (PVA) approvato dalla Food and Drug Administration nei diversi gradi di idrolisi compresi tra 70 e 99%
 - c2) poli(etilenglicol) (PEG) o poli(etilenglicol-co-propilenglicol) (Polossameri) verranno utilizzati come rivestimenti sensibili (responsive) a stimoli chimici e/o fisici (temperatura, pH, carica salina e livello di umidità) nella formulazione di nanoparticelle e nanofibre contenenti agenti bioattivi di interesse per applicazioni alimentari, farmaceutiche (food and drug) e cura personale (healthcare), cosmesi e detergenza.
 - C3) Polivinilpirrolidone (PVP) lineare e debolmente reticolato che presenta notevoli caratteristiche di disintegrante di confezioni solide quando immerse in fase acquosa.

Un'ulteriore linea di ricerca e sviluppo in cui è opportuno operare prevede l'utilizzo di sistemi biocompatibili per l'incapsulamento di principi attivi naturali e/o di sintesi. La possibilità di nanoincapsulare principi attivi vede infatti come settore di destinazione sia il settore alimentare, compresa la profumeria, dove aromi naturali e sintetici possono essere protetti dai processi di degradazione chimica e fisica e favorire la persistenza negli alimenti ed anche il campo della nutraceutica come sistemi protettivi di principi attivi facilmente degradabili.

Per queste applicazioni è possibile mettere a punto dei sistemi *carrier*, come i liposomi, in grado di includere composti di origine naturale e principi attivi generici dotati di attività farmacologica. I liposomi sono aggregati molecolari sintetici costituiti da sostanze di natura lipidica (fosfolipidi, colesterolo, etc), in cui un bistrato lipidico forma un compartimento acquoso interno. I doppi strati fosfolipidici (*bilayer*) si dispongono in maniera concentrica e conferiscono ai liposomi la loro struttura tipica, in grado di veicolare sia sostanze idrosolubili che liposolubili. Il sistema liposomiale presenta il notevole vantaggio di essere altamente biocompatibile e biodegradabile. Nell'incapsulamento di principi attivi i liposomi sono estremamente utili in quanto possono direzionare in maniera selettiva il farmaco verso il sito bersaglio in modo da aumentare la sua efficacia terapeutica (*drug targeting*) e possono inoltre comportarsi come sistemi deposito da cui la sostanza incapsulata può essere rilasciata lentamente nei diversi tessuti, ottimizzando la sua durata di azione. I liposomi sono quindi sistemi biocompatibili capaci di agire da trasportatori verso target cellulari predefiniti di principi attivi lipo- e idrosolubili, proteggendoli dai numerosi processi di degradazione chimica e fisica.

E' inoltre possibile modificare molte delle proprietà strutturali dei liposomi mediante l'uso di proteine e/o sistemi polimerici in grado di favorire sia i processi di riconoscimento sia di rivestire la vescicola per

proteggerla durante il processo verso il sito recettoriale

I nanomateriali polimerici oggetto della presente proposta, devono essere producibili su scala industriale e devono far parte dell'elenco dei materiali accettati dalle legislazioni per l'impiego in ambito alimentare e cosmetico. Eventuali nuovi materiali di queste classi non ancora presenti nell'elenco dovranno affrontare tutto l'iter di autorizzazione ministeriale allungando i tempi per la loro definitiva penetrazione commerciale.

Aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;- L'avanzamento nello sviluppo di costrutti nanoparticellari per nanocompositi polimerici può dare una propulsione con sufficiente facilità anche a realtà aziendali piuttosto piccole ed in settori non sempre innovativi per tradizione, in quanto generalmente non sono richieste tecnologie e processi particolarmente rivoluzionari per produrre una reale innovazione di prodotto. Una stretta collaborazione con la ricerca accademica può quindi portare facilmente risultati applicabili in termini brevi nell'avanzamento di produzioni di materiali competitivi.

Infatti, in dipendenza del tipo di nanomateriale utilizzato come carica nanostrutturante delle diverse matrici polimeriche, sarà possibile conferire caratteristiche nuove o incrementali rispetto alle esistenti senza generalmente alterare in modo drastico il ciclo produttivo.

I possibili sviluppi nel settore dell'incapsulamento di principi attivi nei vari comparti farmaceutico, cosmetico e della nutraceutica rappresentano una fonte importante per lo sviluppo sia della ricerca che delle relative applicazioni industriali. Questo ambito può rappresentare un punto di forza della Toscana e mediante interventi mirati può costituire un fattore caratterizzante della regione e dar luogo ad un significativo vantaggio alle PMI, favorendo anche le collaborazioni con il modo accademico.

Aspetti di innovazione organizzativa e di processo;

- Possibilità di avviamento di percorsi formativi per giovani ricercatori promuovendo la delocalizzazione e lo stage per tempi compresi tra 6 ed i 24 mesi in azienda: questo permetterebbe un trasferimento diretto e non particolarmente oneroso delle conoscenze ed uso dei nanomateriali all'interno del ciclo produttivo dei compositi, miscele (blends) e vescicole da parte di personale giovane e specializzato in attività di ricerca. Per contro i giovani ricercatori riceveranno una preparazione di spiccato carattere applicativo, sicuramente più di quanto possano aspettarsi di ricevere dall'accademia. Questo comporta l'apertura della conoscenza e della alta professionalità tecnica anche a settori tradizionalmente meno aperti all'innovazione ed ad aziende la cui dimensione non permette non solo una ricerca diretta, ma a volte neanche l'applicazione di una ricerca svolta altrove per mancanza di competenze nella trattazione di materiali nanometrici.

Aspetti governance territoriale;

- Sostegno all'acquisizione e formazione di personale specializzato e con nuove competenze interdisciplinari qualificate per lavorare nel campo dei materiali compositi nanostrutturati e nelle eventuali nanotecnologie applicate.

- Promozione della committenza privata sull'attività del Polo Regionale delle Nanotecnologie. Lancio di Bandi Regionale tipo POR-Creo 2007/13 e successive emanazioni per il periodo 2014-2020 correttamente indirizzati per rafforzare la compravendita di servizi qualificati avanzati e di ricerca, progetti di R&S in partnership fra centro di ricerca ed impresa.

- Politiche regionali e nazionali sia sulla ricerca che sulla brevettabilità, la fiscalità per le aziende che innovano, il credito alle start-up, le sinergie tra imprese operanti in settori complementari etc.

- Interventi che mirino a finanziare progetti di ricerca sia di base che applicata ed industriale principalmente in ambito nanotecnologico e di materiali nanocompositi.

Aspetti infrastrutturali;

- Promozione per l'impiego di laboratori, infrastrutture e centri di ricerca sia accademici, in partnership progettuali con aziende, che centri creati dalla Regione Toscana

- Potenziamento dei centri di trasferimento tecnologico alle imprese (vedi roadmap 3)

Aspetti normativi

- Copertura regolatoria per il corretto svolgimento delle attività di ricerca, sperimentazione produzione ed l'immissione nel mercato di prodotti nanostrutturati, visto che alcuni dei settori dove i compositi nanostrutturati sono applicati riguardano l'agroalimentare, la salute, la cura personale ed il farmaceutico. - I nanomateriali polimerici devono far parte dell'elenco dei materiali accettati dalle legislazioni per l'impiego in ambito alimentare e cosmetico. Eventuali nuovi materiali di queste classi non ancora presenti nell'elenco dovranno affrontare tutto l'iter di autorizzazione ministeriale allungando i tempi per la loro definitiva penetrazione commerciale.

Tempistica e target attesi

Oltre a tempistica e target, specificare milestone interne, se presenti

Sulla scorta delle premesse sopra espresse ci si attende lo sviluppo ed un ampio impiego di prodotti nanostrutturati (nanocapsule, nanoparticelle, nanofibre e nanocompositi) in almeno 8 settori quali: alimentare, farmaceutico, nutraceutico, cosmesi, cura personale, profumeria, detergenza, agricoltura ed asporto merci che coprono di fatto fasce di mercato di notevole valenza socio-economica e correntemente in espansione.

■ 2014-2016

Nel triennio di riferimento ci si attende la progettazione e realizzazione di prototipi industriali semifiniti o finiti in tutti i settori indicati. Per prototipo industriale si intende uno o più sistemi per la protezione/esaltazione degli aromi alimentari, per le essenze da profumeria e per i principi attivi di erboristeria e nutraceutici in genere, per la produzione di formulazioni farmaceutiche innovative a ridotto impatto di effetti secondari e per una detergenza più efficace. Per quanto attiene la tempistica, le problematiche sopra indicate nei vari settori di applicazione dei prodotti sviluppabili verranno affrontate auspicabilmente con il coinvolgimento preferenziale delle PMI del tessuto industriale toscano con aperture di partenariato con industrie in genere e della Comunità Europea interessate allo sviluppo tecnologico e commerciale delle nuove formulazioni per i segmenti produttivi di loro specifica pertinenza.

Le fasi principali su cui si articolerà lo sviluppo di progetti inerenti le tematiche esposte saranno articolate come segue

- Identificazione dei settori di impiego con spunti di ricerca di mercato delle varie tipologie di formulazioni e manufatti precedentemente discussi
- Identificazione ed acquisizione dei materiali polimerici da fonti rinnovabili che non interferiscono con la filiera alimentare antropica ed animale. Loro caratterizzazione strutturale e di biocompatibilità cellulare e fitotossicità.
- Selezione di materiali polimerici da fonti fossili a spiccato carattere idrofobico (polidrocarburi oxo-biodegradabili) ed a spiccato carattere idrofilico [polimeri vinilici (PVA e PVP) ed eteropolimeri (PEG, poliossameri e poliesteri funzionali). Caratterizzazione strutturale e loro valutazione per la produzione di sistemi macromolecolari ibridi.
- Selezione di cariche nanostrutturanti di carattere organico ed inorganico.
- Progettazione e sviluppo di formulati nanostrutturati per le varie tipologie applicative. Caratterizzazioni strutturali e funzionali.
- Produzione di prototipi dei formulati più idonei per i vari settori di impiego e loro validazione come viatico ad un processo scalabile a livello semi-industriale e quindi industriale anche a seguito di una ottimizzazione di processo per il raggiungimento di elevati livelli di sostenibilità

■ 2017-2020

- Piena industrializzazione di diversi nanocompositi con offerta commerciale di prodotti innovativi.
- Inizio di secondo ciclo di avanzamento tecnico con nuovi formulati nei settori indicati e risposta ad esigenze ed opportunità in settori diversi.

Possibili sinergie con altri Poli di Innovazione

Specificare il tipo di sinergia che può instaurarsi, le possibili complementarità settoriali e le opportunità di R&S congiunta e/o trasferimento tecnologico

La proposta in oggetto, dato il carattere squisitamente interdisciplinare è auspicabile che si avvalga di competenze tecnico scientifiche di:

- 1) Attori industriali che svolgono attività nel settore dei materiali polimerici ecocompatibili (produttori) e relativi manufatti plastici (convertitori) che abbiano interesse allo sviluppo di prodotti e manufatti innovativi nel rispetto delle ricadute di impatti ambientali minimali o nulli (processi a scarto zero) e benefici socio-economici per gli utilizzatori finali.
- 2) Attori industriali che svolgono attività nel settore dei prodotti naturali e della nutraceutica

- 3) Ricercatori di Istituzioni Scientifiche a vocazione chimica, ingegneristica e scienza dei materiali del Polo di Scienza della Vita e del Gruppo di Ricerca per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati (GRINT). I materiali polimerici su cui verrà focalizzata l'attenzione non si limitano solo a quelli da fonti petrolchimiche, ma anche e principalmente verso quelli derivabili da fonti naturali (scarti di diverse attività antropiche nei settori agroindustriali, dell'industria alimentare (lavorazione frutta e verdura, carni, latticini e pesce), dell'industria farmaceutica e parafarmaceutica).

Questo tipo di confluenza di competenze ed interessi mirati anche al miglioramento della qualità della vita ed allo sfruttamento di risorse che altrimenti richiederebbero impegni economici per il loro smaltimento con perdita dei contenuti di energia libera e componenti (building blocks) convertibili a prodotti e manufatti innovativi, è senz'altro un elemento di elevata valenza operativa con ricadute in diversi settori produttivi in continua e progressiva espansione di domanda.

Con diretto riferimento ai Distretti Tecnologici ed ai Poli di Innovazione promossi dalla Regione Toscana, sono evidenti le complementarità e le possibili sinergie nei settori Lifesciences, Agrifood, Chimica ed Ingegneria.

ROADMAP 6 - NANOREMEDIATION - SVILUPPO E PRODUZIONE DI NANOTECNOLOGIE ECO-COMPATIBILI ED ECO-SOSTENIBILI PER LA BONIFICA DI SUOLI ED ACQUE CONTAMINATI

Descrizione

Nella descrizione della roadmap devono essere esplicitate le criticità/opportunità specifiche del comparto produttivo, indicando le possibili soluzioni ed ambiti di intervento. In particolare, laddove rilevanti, dovranno essere specificati:

- gli aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;
- gli aspetti di innovazione organizzativa e di processo;
- gli aspetti governance territoriale;
- gli aspetti infrastrutturali;
- gli aspetti normativi.

Le nanotecnologie in aggiunta alle innumerevoli applicazioni dei nanomateriali (NM) ed in particolare delle nanoparticelle (NP) nei più svariati settori tecnologici, biomedici, farmacologici ha un grosso potenziale di applicazione, pressochè assente nel nostro paese, legato allo sviluppo di tecnologie innovative per la tutela dell'ambiente destinate alla prevenzione dell'inquinamento, alla bonifica, alla disinfezione e potabilizzazione delle acque.

Con il termine *Nanoremediation* viene indicata una determinata tecnica di bonifica di suoli ed acque contaminati mediante l'utilizzo di specifiche NP ingegnerizzate per il raggiungimento di tre obiettivi principali:

- il *clean up* ovvero la bonifica di eventi di contaminazione passati,
- il miglioramento dei processi attuali,
- la prevenzione di future contaminazioni.

Aspetti di R&S e di innovazione tecnologica;

La Nanoremediation è una tecnologia innovativa di bonifica estremamente vantaggiosa ed a basso costo che può essere usata come alternativa nel trattamento *in situ* di acque di falda contaminate ai più lunghi e costosi metodi tradizionali portando le concentrazioni di alcuni contaminanti quasi a zero in tempi di realizzazione estremamente rapidi. Proprio in riferimento alle difficoltà ancora oggi incontrate nel trattamento *in situ*, a fronte di un aumento del numero di siti contaminati in tutto il territorio nazionale ed internazionale, l'accesso alle tecniche efficaci di bonifica mediante NM e NP è ancora limitata.

Lo sviluppo e produzione di tecnologie innovative applicate alla *Nanoremediation* è attualmente di difficile gestione e realizzazione nel nostro paese sebbene vi sia una richiesta pressante di risoluzione delle problematiche che si possono affrontare con queste metodologie, e siano previsti significativi investimenti economici sia regionali che nazionali. Il numero di siti da bonificare secondo il rapporto

della Commissione Sviluppo Sostenibile di Confindustria (ad oggi 15.000 sul territorio nazionale) è cresciuto notevolmente passando da un ipotetico scenario riferito a pochi incidenti anche severi a realtà talmente complesse da rappresentare un problema infrastrutturale e produttivo a livello regionale e nazionale. Solo nella Regione Toscana sono presenti 2108 siti da bonificare, di cui il 49,8% definito come contaminati accertati e il 22,6% come potenzialmente contaminati, il restante 17,6% risulta in avviata bonifica o completamente bonificato. A questi si aggiungono migliaia di ex-stabilimenti produttivi, discariche di rifiuti speciali e urbani, impianti di estrazione dei combustibili e raffinazione disseminati in tutto il paese con in media, ognuno degli 8092 comuni italiani almeno due siti da bonificare.

Le nanotecnologie per l'ambiente pur offrendo enormi benefici derivanti dal loro utilizzo atti a migliorare la qualità dell'ambiente e di riflesso della salute umana trovano forti resistenze all'applicazione su larga scala e allo sviluppo di politiche che ne promuovano la diffusione su scala nazionale ed anche europea anche in seguito nell'assenza di informazioni sulla loro sicurezza e pericolosità ambientale in un'ottica di sostenibilità.

L'utilizzo di NM e NP dovrebbe migliorare le attuali tecniche di bonifica e ridurre significativamente i tempi e costi, ma il loro uso non deve presentare alcun rischio aggiuntivo per l'ambiente contaminato e per quelli circostanti in seguito ad esempio alla loro mobilità. Difatti, in aggiunta alla diretta esposizione in seguito allo specifico utilizzo in un'area contaminata, la dispersione indesiderata (sversamento accidentale) e la gestione dei nano-rifiuti sono due processi fondamentali ancora poco noti per introdurre i NM e le NP nell'ambiente senza potenzialità di rischi aggiuntivi. Un esempio è rappresentato dal nZVI che sebbene sia ampiamente utilizzato in USA ed in alcuni paesi EU e sperimentato solo di recente nella Regione Piemonte sia ad oggi oggetto di studi che ne denunciano la pericolosità e tossicità per gli organismi acquatici. Lo sviluppo di nanotecnologie che quindi prevedano nella fase di sintesi la valutazione della pericolosità intesa come rischio per l'ambiente e per le forme di vita ne favorirebbe una maggiore diffusione ed affermazione sul mercato con significative ricadute economiche.

Questi principi sono alla base della *green nanotechnology* il cui obiettivo è quello di promuovere lo sviluppo di tecnologie sicure che riducano al minimo i rischi legati alla loro produzione e al loro utilizzo e di favorire la sostituzione dei prodotti esistenti con nuovi nanoprodotti che siano più rispettosi dell'ambiente durante tutto il loro ciclo di vita.

Ciò significa che il crescente sviluppo dell'uso di nanotecnologie per l'ambiente e nello specifico per la bonifica di suoli ed acque contaminati, presuppone la conoscenza dell'esposizione, del destino e dell'eventuale pericolosità per l'ambiente in termini di tossicità per gli organismi e per gli ecosistemi naturali ai fini della valutazione del rischio e della promozione di quelle più efficienti (*smart and inclusive growth*), sicure (*ecosafe*) e sostenibili (*environmental sustainability*), ma tutto questo non deve essere un ostacolo a muoversi verso un miglioramento della tecnica, ma semplicemente deve essere soggetto ad uso consapevole e verifica continua.

Aspetti infrastrutturali;

L'esistenza di una Piattaforma integrata di nanomedicina sul territorio regionale sarebbe un punto estremamente importante nello sviluppo di questo settore perché costituirebbe, in sinergia con l'ARPAT, un appoggio nello studio e certificazione delle conseguenze dell'uso dei nanomateriali nell'ambiente, permetterebbe di fornire le indicazioni necessarie alla produzione ed alla manipolazione di questi sistemi. Per contro la loro applicazione nell'ambiente arricchirebbe la conoscenza, necessaria nella filiera della nanomedicina, sulle conseguenze della dispersione nell'ambiente di sistemi medicale nanometrici

E' necessario anche sostenere, ma questo non è specifico per questo settore, infrastrutture come i Poli che supportino il trasferimento tecnologico e garantiscano il raccordo tra il sistema della ricerca e il sistema produttivo e sociale.

Aspetti normativi

Le normative ambientali stanno diventando sempre più restrittive attraverso ad esempio il regolamento REACH (67/548/EWG EU Directive) che dà maggiore responsabilità all'industria nella gestione dei rischi da agenti chimici e per fornire informazioni di sicurezza sulle sostanze. L'industria regionale deve essere preparata anche nel caso in cui nazioni non europee e le organizzazioni professionali diventassero più restrittive in termini di salute e sicurezza. Un connubio così tra enti di ricerca pubblici

ed impresa quale quello che si richiede si rafforzi in questo settore potrebbe sostenere la competitività dell'economia regionale e nazionale.

La legislazione vigente nel nostro paese chiede l'adozione ad esempio di misure per prevenire e controllare l'inquinamento delle acque sotterranee ed il raggiungimento di specifici obiettivi di qualità ambientale che potrebbero essere garantiti grazie appunto a innovative nanotecnologie green ovvero eco-compatibili. In questa direzione la presenza di una normativa che permetta lo sviluppo della Nanoremediation faciliterebbe il passaggio "sul campo" di conoscenze e tecnologie già acquisite o facilmente acquisibili "in laboratorio".

Aspetti governance territoriale

- Sostegno all'acquisizione e formazione di personale specializzato e con nuove competenze interdisciplinari qualificate per lavorare nel campo dei materiali nanostrutturati e delle nanotecnologie applicati ai settori dell'energia e dell'ambiente, di tecniche di indagine ottica, fisici, chimici ed ingegneri attivi nell'ambito dello stoccaggio di energia tramite idrogeno e nell'ambito dei dispositivi elettronici avanzati, da inserire successivamente in strutture pubbliche o private. Incentivi finanziari e fiscali che favoriscano l'occupazione di giovani tecnici e ricercatori universitari e che supportino l'attività strategica.
- Qualsiasi iniziativa a sostegno della realizzazione di network costituiti da Università ed enti di ricerca pubblici e privati, poli di eccellenza e di innovazione tesa a rafforzare il connubio tra ricerca ed imprese.
- Incentivazione al lavoro in partenariato tra Comuni che abbiano problematiche affrontabili mediante la Nanoremediation, il mondo della ricerca ed aziende che abbiano o possano ricevere, il know-how per la produzione dei nanomateriali richiesti, il tutto sotto la coordinazione del Polo delle Nanotecnologie e/o delle Life Sciences.
- Interventi che mirino a:
 - Finanziare progetti di ricerca sia di base che applicata ed industriale finalizzati all'approccio della Nanoremediation per problematiche ambientali.
 - Bandi di ricerca specifici sul tema dell'uso di nanomateriali per la lotta all'inquinamento ed per il monitoraggio ambientale, con il finanziamento della fase di ricerca e sviluppo.
 - Bandi per la formazione di ricercatori con specifiche competenze nel campo dei materiali nanostrutturati applicati a problematiche ambientali
 - Bandi per ricerche finalizzate alla regolamentazione nel settore dei nano materiali e della nano tossicologia con definizione di protocolli per la valutazione dei rischi tossicologici connessi alla produzione, all'uso ed allo smaltimento di materiali nanometrici.

Tempistica e target attesi

Oltre a tempistica e target, specificare milestone interne, se presenti

Tra gli obiettivi che questa road-map temporale si può porre, tenendo conto anche delle dimensioni regionali dell'intervento vi sono:

- 1) Individuazione e produzione di nanotecnologie eco-compatibili e eco-sostenibili per la bonifica di acque e suoli contaminati.
- 2) Ottenimento di una metodologia standardizzata per la valutazione dell'efficacia e della sicurezza ambientale dei NM e delle NP destinate alla bonifica nel rispetto delle normative ambientali in contesto nazionale ed europeo (EC, REACH) ed in termini anche di sostenibilità ambientale ed economica.
- 3) Ottenimento di brevetti di nuovi NM e NP sintetizzate *ad hoc* sulla base della sicurezza ambientale (*safety by design*) dotati di proprietà chimico-fisiche più controllate rispetto a quelli attualmente in commercio al fine di garantire prestazioni migliori, e che potrebbero costituire modelli sperimentali, da utilizzate come riferimento in successivi studi di valutazione dell'impatto ambientale e sulla salute umana.
- 4) Sviluppo di un quadro normativo specifico per incentivare l'utilizzo *in situ* di NM e NP per la bonifica di suoli ed acque contaminati.

La sperimentazione e il trasferimento tecnologico necessari per la definizione della sicurezza e della sostenibilità ambientale delle nanotecnologie applicate all'ambiente richiede tempi lunghi di

realizzazione dettati dalle difficoltà legate alle scarse informazioni ad oggi disponibili su destino, comportamento e trasformazioni dei NM e delle NP nelle complesse ed eterogenee matrici ambientali e del relativo impatto sugli organismi ed ecosistemi naturali.

Nel periodo 2014-2020 si prevedono i seguenti tempi e fasi di implementazione:

2014-2017 Sintesi e sperimentazione in condizioni controllate ed *in situ* di nuovi *smart* NM e NP destinati alla bonifica di suoli ed acque ad opera di università, consorzi ed enti di ricerca pubblici ed privati, in stretto contatto con ASL ed ARPAT, ai fini di definirne i parametri che ne garantiscano l'efficacia e la sicurezza ambientale.

2017-2020 Implementazione, sviluppo e trasferimento tecnologico di NM e NP *smart* ed *ecosafe* alle imprese e agli enti e monitoraggio dell'intero processo mediante raccordo attuato dai poli tecnologici e reti regionali.

Come obiettivo generale è anche da ricordare che le nanotecnologie eco-compatibili ed innovative rispetto a quelle già disponibili sul mercato consentirebbero lo sviluppo delle imprese operanti nei settori della sintesi chimica e loro commercializzazione di prodotti, della bonifica dei siti e delle acque inquinate sia dolci che marine e della potabilizzazione delle acque garantendone la competitività a livello regionale, nazionale ed internazionale allineandole alle *best practises* europee con conseguenti impatti sui livelli occupazionali e sulla ricchezza, nonché sulla salubrità dei territori in cui esse operano. L'obiettivo quindi non sarà limitato al solo coinvolgimento delle imprese nel progetto per gli specifici interventi di bonifica e ripristino ambientale ma anche, e soprattutto, in sempre maggiore sviluppo di attività produttive sostenibili dal punto di vista ambientale e coerenti con l'esigenza di assicurare il rilancio dell'occupazione attraverso la valorizzazione delle forze lavorative nelle aree bonificate. A questo proposito possiamo portare come esempio di creazione di circolo virtuoso in Italia, il progetto di bonifica di Porto Marghera dove gli interventi di bonifica e ripristino ambientale dell'area fortemente contaminata stanno creando nuovi insediamenti produttivi per 100 nuove aziende con uno stanziamento di 5 miliardi di euro fra fondi pubblici e privati (fonte Regione Veneto). Altri esempi simili sono presenti in paesi europei come la Germania ed il Regno Unito.

Possibili sinergie con altri Poli di Innovazione

Specificare il tipo di sinergia che può instaurarsi, le possibili complementarietà settoriali e le opportunità di R&S congiunta e/o trasferimento tecnologico

Una sinergia certa deve svilupparsi con il Polo Life Sciences in quanto il problema dell'effetto delle dimensioni e della forma dei nano-materiali è un argomento che quel Polo deve sviluppare nell'ambito dell'uso di nuovi materiali nanostrutturati sia per la medicina rigenerativa che per la cura di patologie a larga incidenza, quali i tumori. La presenza di una Piattaforma integrata di nanomedicina, sicuramente darebbe un punto di appoggio ed organizzazione per gli studi più orientati verso la salvaguardia della salute come la nano tossicologia e la parte di interazioni biologiche. Da un punto di vista inverso, lo sviluppo dell'uso di nanomateriali nella Nanoremediation fornirà dati ed informazione sul fatto di altri nanomateriali che possono venire dispersi nell'ambiente, costituendo così un complemento importante per un'analisi completa di tutte le caratteristiche dei materiali nanostrutturati che si sommi all'aspetto chimico già coperto dal REACH per la parte degli effetti dovuti alle dimensioni ed alla forma.